

جامعة الأزهر

كلية العلوم "بنين"

مقدمة

في

علم البيئة

ا.د. محمد حسان عوض

أستاذ الجيولوجيا

وكيل كلية العلوم (بنين)

جامعة الأزهر

ا.د. حسن أحمد شحاتة

أستاذ الكيمياء الفيزيائية

كلية العلوم (بنين)

جامعة الأزهر

٢٠٠٥

المقدمة

تعتبر البيئة بعناصرها ومكوناتها المختلفة وما طرأ عليها من تغيرات هي من أهم ما يشغل فكر المتخصصين أملاً في تخليصها مما أصابها من تلوث أحاط بأرضها وهوائها وماءها وضرر لساكنيها من مخلوفات الله سبحانه وتعالى . ولقد بدأ الاهتمام بالبيئة وقضاياها المتشعبة في الستينات من القرن العشرين إبان ظهور الامطار الحمضية التي أثرت علي البيئة في شمال اوربا فأتلفت كثيرا من غاباتها واكتسبت هذه القضية بعداً عالميا بعد ذلك حين أكدا العلماء ان مصدر هذه الأمطار الحمضية هو الغازات المنبعثة من مصانع الولايات المتحدة الامريكية التي عبرت المحيط الأطلسي مع حركة الرياح في نصف الكرة الشمالي .

وفي نهاية القرن العشرين أصبحت علوم البيئة تشغل حيزا كبيرا بين العلوم الانسانية والعلوم الاساسية البشرية قد تجاوزت حدود الأمان البيئي فظهرت قضايا التلوث البيئي والإشعاعي الذي بات خطرا يهدد البشرية نتيجة للاستخدامات غير المرشدة للمواد المشعة سواءاً كان في التصنيع السلمي ام العسكري .

ولقد آدى التفاعل المحموم للإنسان مع مكونات البيئة الي استنزاف مواردها الطبيعية حتي نضب معين بعض طاقاتها المتجددة بل وأصبحت مقدرات بعض مواردها المتجددة عرضة للتدهور . وبذلك أصبحت ظاهرة تلوث البيئة وتدهور مواردها تطرح نفسها في المحافل الدولية وفي هذا الصدد عقدت وتعقد الندوات والمؤتمرات العالمية والمحلية للتنبيه علي خطورة هذه الظاهرة وتطلعا لايجاد الحلول لمشاكل البيئة وأملاً في بلورة

منهجيات واقعية لتقييم الأنشطة البشرية لتخفيف وقع التقنيات الحديثة المجهدة للبيئة ، وفي هذا الصدد قد وضعت التشريعات البيئية التي من شأنها. إذا طبقت أن تعيد للبيئة توازنها وتحفظ مواردها وينعم الإنسان بل وتنعم كل المخلوقات بما أوجده الله سبحانه وتعالى من نعم لا تعد ولا تحصي إذا قال تعالي " فأمشوا في مناكبها وكلوا من رزقه واليه النشور" ... صدق الله العظيم .

ومن هنا فإننا نقدم لكل قارئ هذا الكتاب والذى نعتبره مقدمه في علم البيئة نحاول من خلاله ان نسهم في نشر الوعي البيئي إذا أن الكتاب يشتمل علي تعريف للبيئة وعناصرها ومكوناتها وأقسامها ونظرة الي أنواع التلوث البيئ ومصادره وبعض أهم مظاهر التلوث الذى أصاب البيئة وفيه أيضا طرح لعلاج التلوث البيئي . ندعوا الله سبحانه وتعالى أن يجعل هذه المشاركة خالصة لوجهه .

والله الموفق والمعين والحمد لله رب العالمين .

الباب الأول

البيئة

البيئة هي حيثما نعيش جميعا والتنمية هي كل ما يفعله الإنسان لتحسين الحياة في هذه البيئة وهذان المفهومان متلازمان لا ينفصلان ، ولقد تم تعريف البيئة فى مؤتمر "الأمم المتحدة للبيئة البشرية"، الذى إنعقد فى إستوكهولم فى عام ١٩٧٢م بأنها : "رصيد الموارد المادية والإجتماعية المتاحة فى وقت ما، وفى مكان ما لإشباع حاجات الإنسان وتطلعاته". ومما لاشك فيه أن بيئتنا المحلية جزء من البيئة العالمية التي يجب أن نعمل على إيجاد الحلول لقضاياها المختلفة من تلوث أحاط بهوائها ومياهها وتربتها وأحيائها إلى ترشيد في استهلاك مواردها الطبيعية المختلفة حتى لا تقضى نتائج التبذير الحالي في الموارد وبسرعة على الخيارات أمام الأجيال المقبلة فلا يجب أن نقترض من رأس مال البيئة للأجيال المقبلة دون توفر النية أو الإمكانية لسداد هذا القرض الذي يتمثل في التنمية البيئة .

إن البيئة هي ذلك الجزء من كوكبنا المحيط بالإنسان والكائنات الأخرى ، ومكونات هذا الجزء هي التي تشكل عناصر البيئة . والبيئة الأرضية بكل مقوماتها هي وطن بنى الإنسان أوجدها الله بحكمته وذللها بقدرته فجعل الأرض بساطاً ، كما سخر الشمس والقمر دائبين وأرسل الرياح وأنزل من السماء الماء الطهور لكي يحيا به الإنسان والحيوان والنبات ، فكل هذه النعم تجري بانتظام وحكمه دقيقة وفقا لقوانين الله الثابتة في هذا الكون الفسيح .

مكونات البيئة :

وبناءً على ما تقدم، فإنه يمكن تصنيف المكونات الأساسية للبيئـــة إلـــى مجموعتين رئيسيتين، هما:

١- المكونات اللاحيويـــة

تشمل المكونات اللاحيوية للبيئة جميع العناصر والعوامل الفيزيائيـــة، كالعوامل المناخية من ماء وحرارة وضوء، وكذلك العوامل الجيولوجية التى تتمثل فى طبيعة الأرض ونوعيتها وخصوصية تربتها. وتشمل أيضاً العناصر والمعادن والهواء وغيرها.

ويمكن تقسيم المكونات اللاحيوية إلى ثلاثة أقسام رئيســية، وهـــى: الغلاف الجوى، والغلاف المائى، والغلاف الصخرى. وهذه الأغلفة الثلاثـــة بالإضافة إلى الغلاف الحيوى تكوّن ما يطلق عليه "أغلفة الأرض".

٢- المكونات الحيوية (الغلاف الحيوى)

تشتمل المكونات الحيوية على جميع الكائنات الحيـــة - بمـــا فيهـــا الإنسان - على إختلاف أنواعها وأشكالها وفصائلها. ويطلق عليهـــا إســـم "الغلاف الحيوى".

وتصنف الكائنات الحية فى الأنظمة البيئية إلى ثلاث فئـــات - كمـــا يتضح ذلك من الشكل (٢-١) - وهى :

(أ) النباتات الخضراء

وهى الكائنات الحية الوحيدة التى تستطيع تحويل المواد المعدنيـــة - الموجودة فى التربة - والماء إلى مواد عضوية مغذية.

وتعدّ النباتات الخضراء المصنع الأول للغذاء علـــى ســطح الأرض. فهى التى تنتج بنفسها الغذاء الضرورى لنموها وتكاثرها، إلى جانب كونها طعاماً لأنواع عديدة من الكائنات الحية الأخرى.

(ب) آكلات الأعشـــاب

وهى تشتمل على جميع أنواع الحيوانات التى تتغـذى بالحشـائش والأعشاب. وهى الحلقة الثانية فى السلسلة الغذائية بعد النباتات الخضراء، حيث تعدّ تلك الكائنات نفسها غذاءً مهماً وضرورياً للعديد من الكائنات الحية الأخرى.

(ج) آكلات اللحــوم

وتشمل جميع الكائنات الحية التى تتغذى على لحوم حيوانات أخرى.

وتتميز البيئة الطبيعية بوجود توازن دقيق وصارم قائم وبصفة مستمرة بين عناصرها المختلفة وهو ما يسمى بالنظام البيئي Ecosystem حيـث يشمل عدة عناصر ترتبط ببعضها ارتباطا وثيقـا لازم لاسـتمرار الحيـاة وبقائها وهذه العناصر هي :

عناصر الإنتاج – وعناصر الاستهلاك – وعناصر التحلل والعناصـر الطبيعية غير الحية وهي الهواء والماء والتربـة ، ولكـن الإنسـان فـي عصرنا الحديث قد اندفع اندفاعا محموما نحو إشباع رغباته وشهواته مـن كل ما تقع عليه عيناه منبهرا بوسائل التقنية المتاحة فكان الإسـراف فـي استنزاف موارد البيئة وثرواتها مما أدي إلى إرباك النظـام البيئـي علـي المستوي المحلي والعالمي الأمر الذي أدي إلي مختلف أنواع التلوث التـي نعاني منها اليوم .

مما لاشك فيه أن بيئتنا المحلية هي جزء من البيئة العالميــة التــي يجب أن نعمل علي إيجاد الحلول لقضاياها المختلفة من تلوث أحاط بهوائها ومياهها وتربتها وأحيائها إلي ترشيد فــي اســتهلاك مواردهـــا الطبيعيـــة المختلفة حتى لا تقضي نتائج التبذير الحالي في المـــوارد وبســـرعة علـــي الخيارات أما الأجيال المقبلة فلا يجب أن نقترض من رأسمال البيئة للأجيال المقبلة دون توفر النية أو الإمكانية لسداد هذا القرض الــذي يتمثــل فـــي التنمية وليس في استهلاكها وتلويثها بشـــتى الطـــرق وباســـتخدام أحـــدث التقنيات .

وعندما نتحدث عن مستقبل الأجيال المقبلة في مجتمعاتنا لعلنا نتذكر أن شريعتنا السمحاء قد علمتنا أننا مستخلفون في الأرض يقول تعالي (وَإِذْ قَالَ رَبُّكَ لِلْمَلائِكَةِ إِنِّي جَاعِلٌ فِي الأَرْضِ خَلِيفَةً ...) الخ الآية الكريمة ، وأن البيئة أمانة في أعنقانا وعلينا أن نتركها للأجيال المقبلة في أفضل حال مما ورثناها عن أسلافنا أو علي الأقل كمثل ما إستملناها غير أن الواقع يقـــول عكس ذلك . حيث يضاف إليها كل عام ١٠٠٠ مادة جديدة وكثير منها مواد سرطانية.

أضرار التلوث البيئي

ولقد رأي الناس التقدم الرائع الذي تبلور فـــي الآونـــة الأخيـــرة فـــي الإنجازات العلمية والتقنية العظيمة ، ولكن لم يروا آثارها السلبية التي كادت تخرّب البيئة ، حيث تزامن ارتقاء الإنسان مع تراكم أخطاء كثيرة كانت تعمل علي خلخلة الاتزان البيئي ، وفي وقت قريب جدا ظهرت نتائج تلك الاخطاء وتبين للناس ما فعلوه بالبيئة .

وطبقا للتقارير التي أعلنتها منظمة الصحة العالمية في مـــارس ٢٠٠١ في مؤتمر دولي في بانكوك بتايلاند عن الصحة والبيئـــة فقـد تـــوفي ١,٣ مليون طفل دون الخامس في الدول النامية عـــام ٢٠٠٠ بســبب أمـــراض الإسهال الناتجة عن مصادر المياه الملوثة وسوء الأحوال الصـحية ، وأن تلوث الهواء الداخلي بالمنازل من الأسباب الرئيســية الكامنــة وراء وفـــاة ٦٠% من بين ٢,٢ مليون طفل دون الخامسة يموتون سنويا بسبب عدوات ميكروبية حادة بالجهاز التنفسي . حيث إن من أهم أسباب هذا التلوث حرق الكتل الحيوية واستخدامها كوقود من أماكن ضيقة مغلقة) ونقـص التدفئـة الكافية وغيرها.

كما يقول علماء الطب أن مخاطر التلوث البيئية تظهر علي القلب تلـك المضخة التي تتراجع عن وظيفتها بسبب التلوث وتخفض مهمتها فـي آداء نبضها إلي اقل من ٣ مليارات نبضـة نتيجـة للتـوتر وشـد الأعصـاب والضوضاء وتلوث الهواء وما يترتب علي ذلك من تصلب الشرايين وتلـف الصمامات وضعف عضلة القلب والربـو والحساسـية وضـعف التـنفس والتزييق وغيره .

وأيضا لقد دلت الإحصاءات علي إن أكثر من ٦٠٠٠٠٠ (ستمائة إلـف) شخص شاركوا في تنظيف منطقة تشرنوبل من الرواسب الاشعاعية عقـب انفجار مفاعل تشرنوبل عام ١٩٨٦ في الاتحـاد السـوفيتي سـابقا إلا أن ٨٠% منهم أصبحوا عاجزين تماما عن الحركة بسبب تمكن الاشعاعات من أجسامهم ويقول العلماء إن الآثار السلبية ستكون أكثر وضوحا فـي عـام ٢٠١٥ عندما يبدأ الاطفال الذين ولدوا في عـام إنفجـار المفاعـل سـنة ١٩٨٦م عندما يبدأون في الزواج.

استنزاف الموارد البيئية

لقد بات واضحا أن الموارد الموجودة في العالم تتعرض إلـي عمليـات استنزاف بالغة الخطورة ، ويكاد معظمها إن يختفي واحـدا بعـد الآخـر ، ونضوب الموارد لا يحدث لغير المتجدد منها فقط بل الموارد المتجددة أيضا في طريقها للنضوب ، ويقل مخزون الأخشاب علي سبيل المثال بسبب تدمير الغابات في المناطق الاستوائية ، وتجرف التربة ، وتتعرض للتعرية بسـبب عوامل التصحر التي تتسبب في معظمها أنشطة الإنسان غيـر المرشـدة ، ويرجع استنزاف الموارد إلي زيادة الاستهلاك نتيجة للتفجر السكاني ، وإلي عدم انتظام توزيع هذه الموارد ، حيث يمكن إن تسحوذ دولة واحدة أو بضع دول في العالم علي معظم المخزون من مورد واحد ، في حين تظـل معظـم بلاد العالم محرومة من هذا المورد ، كما تضيع الموارد بسبب سوء الإدارة وعدم التنبؤ بعواقب ممارسات الإنسان واستخدامه للتقنيـات الحديثـة فـي الزراعة والصناعة دون محاولة تلافي النواتج الضارة أو تخفيـف آثارهـا السلبية على البيئة .

وتعرضت البيئة نتيجة للممارسات الخاطئة لكوارث مـن نـوع آخـر ، فالأوزون الذي يعمل كدرع واق يحمي النبات والحيوان من الأشـعة فـوق البنفسجية التي تصل من الشمس إلي الأرض ، تقـل نسـبته فـي طبقـة الاستراتوسفير ، وتهدد زيادة نسبة ثاني أكسيد الكربون في الجو بارتفـاع معدل درجة حرارة الجو واضطراب المناخ ، كما تقضي الامطار الحمضـية علي الحياة في مستودعات المياه ، وتتساقط اشجار الأحراج بعد إن اختفت اورقها الخضراء بفعل الغازات السامة.

وتحدث الحروب والمنازعات المحلية والصراعات الاقليمية اكبر قدر من التخريب يمكن إن تتعرض له البيئة ، وليس هنـاك ادل علـي مـا تجلبـه الحروب من دمار واساءة للبيئة مما أحدثته حرب الخليج في نهاية القـرن العشرين في المنطقة ، لقد تسببت الحرب في أسوأ كارثة شهدها العالم حتى الآن ، بلغ حجمها حدا لم يسبق له مثيل ، حيث تتسع رقعة التلوث لتشـمل الأجواء والبحار والتربة في آن واحد ، وتنعكس آثارها سلبا علـي الثـروة القومية والمصادر الطبيعية ، ومن أهم ما سـيترتب عليهـا مـن أخطـار الأضرار التي سوف تلحق بالثروة البشرية والاقتصادية والسياسية .. الخ ، وسوف تظل الكارثة البيئية التي ألمت بمنطقة الخليج شاهدا علي ما يرتكبه الإنسان في حق البيئة ، فمن المتوقع إن تستمر آثارهـا المـدمرة لسـنين طويلة .

ويسهم الاحتراق المتزايد للوقود الأحفوري في بناء ثاني أكسيد الكربون الجوي الذي سوف تؤدي زيادته عن القدر المعتاد في الجو إلي اضـطراب المناخ العالمي ، وسوف تكون هذه المشكلة واحدة مـن القضـايا البيئيـة ألكبري في العقود الآتية ، ولا تستطيع أية دولة بمفردهـا إن تعمـل لمنـع التغيرات أو تواجه النتائج المترتبة علي تأثير الزيادة في نسبة ثاني أكسـيد الكربون في الجو ، وفي الوقت نفسه ، أثار اكتشاف الأحماض في الأمطـار قضايا جديدة ، أخلاقية وقانونية ، لأن بعض الصناعات في بعض دول شمال المتوسط تطلق الغازات الحمضية غير عابئة بما يحدث لأجواء العالم .

وأينما يحدث التدهور في محصول من المحاصيل الزراعية فإنه يسـهم في الزيادة الحقيقية لتكلفة إنتاج الطعام والمنتجات الزراعية الاخري ، ففي سوق عالمي غير مستقر يتأثر الناس في كل مكان ، كمـا تسـبب تعريـة

الغابات اكبر ضرر في أماكن حدوثها ، ولكن ذلك ينعكس بطريقة مـا علـى ارتفاع أسعار الأخشاب في الأسواق العالمية.

وتكاد مجالات التقنية المتقدمة إن تكون حكرا علي الـبلاد المتقدمـة ، وعلى سبيل المثال الهندسة الوراثية التي تثبت كل يوم أنها وسـيلة رائعـة لتطوير الكثير من تقنيات الإنتاج الزراعي وصناعة الأدوية والعلاج ونظافة البيئة وتخليصها من الملوثات ، وأيضا تقنية القضاء وخدمة الأنواء الجوية التي تقوم بمد شبكة الاتصالات والأقمار الصناعية والاستشعار عـن بعـد ، كلها تقنيات متقدمة تتوافر فقط في البلاد المتقدمة .

المشكلات البيئية

تختلف المشكلات البيئية تبعا لنوعية المجتمعات ، ففي البلاد المتقدمـة تعاني البيئة من الآثار السلبية التي ولـدها التقـدم الصـناعي والتوسـع العمراني . اما المشكلات البيئية في المجتمعات الناميـة فهـي ذات طـابع مختلف وتتمثل في عدم توافر المواد الأولية ، وان توافرت فهي لا تصـنع محليا ، ولكنها غالبا تصدر إلي البلاد الصـناعية المتقدمـة وذلـك لنـدرة الكفايات الفنية وعدم توافر الأموال الضرورية لتشغيلها محليا ، ولقد اضطر سكان البلاد النامية لان يستغلوا مواردهم استغلالا سيئا لتخفيف ويلات الفقر والجوع والبؤس مما جعلهم يواجهون مشكلات طويلـة الأمـد كالتصـحر وتعرية التربة واختفاء الغابات .

وفي الآونة الأخيرة قويت الدعوة من أجل "بيئة أنظف وحياة أفضل" بعد أن أدرك الإنسان – الذي وصل بالبيئة إلي هذا المنعطف الردئ – أنه يجب إن يتحرك قبل فوات الأوان ليصلح ما أفسده .

ولقد برزت أزمة البيئة واضحة علي مستوى العالم بسبب الخطورة التي تواجهها الدول التي تستخدم الوقود النووي في التخلص من النفايات النووية ، وعلي الرغم من أن دفنها تحت الأرض يظل مشكلة كبيرة ، فإن الاتجاه للتخلص منها في المحيطات سوف يزيد من حجم المشكلة مما يضاعف قلق سكان العالم كله تحسبا لاحتمالات المخاطر الصحية التي سوف تصيب البحار والمحيطات .

وأكدت المعرفة الواسعة بطبقات الجو العليا اعتماد الأمم بعضها على بعض . فمنذ عقدين ، كانت فكرة تنظيم صناعة علب الرش تثير دهشة الكثيرين ، فلم يتخيل احد كيف تؤثر مركبات علب الفوريون الكيميائية في طبقة الأوزون ، أما الآن ، بعد أن وضع خطر هذه المواد فإن الدول تعمل مجتمعة علي صياغة الاتفاقيات الدولية للحد من صناعة المركبات الكيميائية التي تكسر طبقة الأوزون بعد أن تأكد ظهور ثقب في طبقته فوق القارة القطبية الجنوبية .

وتفرض المشكلات البيئة التي تواجهها البلاد النامية الا تأخذ هذه البلاد أزمة البيئة كقضية دولية بصفة مطلقة ، فهي قد تكون كذلك في بعض جوانبها عندما تعبر الأبخرة والغازات السامة والإشعاعات القاتلة الحدود بين البلاد المتقدمة والبلاد النامية حيث تتدفق الملوثات مع مياه البحار والمحيطات ولكنها ليست كذلك حينما تواجه الدول النامية مشكلات الغذاء والطاقة والسكن والتعليم والبحث العلمي ثم إن قضية توزيع الموارد الطبيعية لا تبشر بأي أمل في التعاون بيم الشمل والجنوب لإعادة توزيع الثروات .

التدهور البيئي

لقد استطاعت البيئة إن تقاوم الاضطرابات التي تحدث فيها علي مـــدي فترات زمنية كبيرة ولكن هذه القدرة في المحافظة علي الاتزان والتصـــدي للاعتداءات عليها لابد وأن تقف عند حدود معينة. ولم تســتطع البيئـــة إن تقاوم حتى النهاية ، وبدأت تعاني التغير، فبعد أن احتفظــت لفتـــرة طويلـــة بدرجة حرارة ثابتة ، وبالتركيب الكيميائي والفيزيائي لمكوناتهـــا الماديـــة ، فهي معرضة اليوم لنكسات كبيرة . ارتفاع معدل درجة الحرارة ، وتغير في التركيب الكيميائي في معظم الأنظمة ، في المحيطات والبحار والجو والتربة .. الخ .

ولقد ضاعفت من تدهور البيئة تشابك المشكلات التي تنشأ عن مصـــادر محلية ، ومع ذلك تتعدى تأثيراتها حدود الدول والاقاليم لتنتشر علي مستوي العالم وتضر بمصالحة المشتركة ، ولم يعد هناك بلد أو إقليم أو إنســـان أو كائن حي يشارك في البيئة نفسها لا يعاني من الآثار السيئة لتدهور البيئـــة بدرجة أو بأخرى ، فإن لم يشكو الإنسان من الفقر والجوع ونقص الموارد ، فإنه يشكو من التلوث واضراره المتعددة .

وبلغ تدهور البيئة حدا لايمكن السكوت عليه ، ولم يعد هناك مفـــر مـــن مواجهة الموقف الصعب والحرج في الوقت نفسه ، وفي العقدين الماضيين بدأت بعض الجماعات تحتج علي الإساءة إلي البيئة وتدعو إلي أخلاقيـــات جديدة للتعامل معها ، وتحت ضغط هـــذه الجماعـــات تحركـــت الحكومـــات والمؤسسات الرسمية ، وامتد الاهتمام بالمحافظة علي البيئة وحمايتها ضد الأخطار التي تتعرض لها إلي المستويات الدولية ، وأصبح ضمان ســـلامة

البيئة والحرص علي استغلال الموارد الاستغلال الامثل هاجسا يؤرق كل الناس علي جميع المستويات .

ويرجع سبب هذا التدهور في الأنظمة البيئية الي تمادي الإنسان في اعتداءاته علي البيئة ، فهو يسيئ استغلال الموارد ، فيدمر الغابات ويجرف الأراضي الزراعية ، والناس يتركون الريف بأعداد كبيرة ، وينتقلون إلي الحضر وتكبر المدن دون أي تخطيط ، وغالبا علي حساب الأراضي الزراعية وجمال الطبيعة ، والأهم من ذلك كله الزيادة الهائلة في عدد السكان ، وماذا سوف يحدث لو استمرت هذه الاتجاهات ؟ ، زيادة استهلاك الوقود الأحفوري ، والاستمرار في التجارب النووية وبناء المفاعلات ، واستخدام الكيمياويات دون حساب ، زيادة عدد السكان ... الخ . سوف تتأثر دون شكل كل الكائنات الحية وتتعرض للكوارث والفناء ، وما يحدث الآن للبيئة هو نتيجة حتمية لعدم إدراك الناس لعواقب الممارسات الخاطئة وآثارها السلبية علي البيئية .

زيادة السكان واستنزاف الموارد

تدل الأرقام دلالة واضحة علي إن البلاد الفقيرة تزداد فقرا ، بينما البلاد الغنية ستواصل زيادة ثرواتها لأننا إذا أردنا أن نحافظ علي مستوي كلا الطرفين كما هو الآن، يجب إن تنال الدول النامية النصيب الأكبر من الزيادة في الإنتاج العالمي وحتى عام ٢٠٢٥م وذلك بمعنى إن يزيد معدل الإنتاج في البلاد النامية إضعاف إنتاجها الحالي .

كيف نفكر في زيادة الإنتاج في البلاد النامية والناس فيها نتيجة الضغط السكاني يضعفون من قوي الإنتاج لديهم . اضطر الفلاحون في البلاد النامية إلي إزالة الأشجار التي تغطي الأراضي الجبلية للحصول على أراض

للزراعة وللرعي ، ودمر السكان في مناطق الإحــراج الاســتوائية ملايــين الهكتارات من الإحراج وهم لا يدرون إن التربة التي تنمو فيهــا الإحــراج لاتصل للزراعة .

ويحرق الفلاحون بقايا المحاصيل وروث البهائم ، وهم بذلك يتــدخلون في الدوائر الطبيعية ، فهم أولا يخفضون من خصوبة التربــة ، ويتركــون الأرض للتعرية السنوية علي الحقول المنحدرة بحــوالي ٥٠ – ١٠٠ طــن للهكتار ، وتزيد بذلك تعرية الإحــراج المتبقيــة ، والخســارة المســتمرة للمخصبات العضوية تحد من الإنتاج ومن قــدرة المراعــي علــي تغذيــة المواشى .

ويؤدي استنزاف الأخشاب إلي انكماش الغطــاء النبــاتي إلــي جانــب الخسائر الفادحة في الكائنات الحية واضطراب التوازن البيئي .

وعلى الرغم من إن انتقال سكان الريف إلي الحضر كان يتم منــذ الاف السنين ، فإن معدل الهجرة قد ارتفع كثيرا في الآونــة الأخيــرة ، وتقــوم الإحصائيات : إن حوالي ٤٠% من سكان العــالم يســكنون الآن فــي الــم المرتبطة بها ، وفي البلدان المتقدمة يذهب كل سنة مالا يقل عن ٣٠٠٠ك٢ من الأراضي الزراعية لأغراض التعمير وبناء المدن .

النظام البيئى

هو جزء من البيئة، متكامل العناصر والمكونات (الحية وغير الحيــة)، والتى تتفاعل مع بعضها بعضاً، حيث يتأثر كلاً منها فى الآخر حسب نظــام دقيق ومتوازن فى ديناميكية متزنة.

مكونات النظام البيئى

حيث إن النظام البيئى هو جزء من البيئة بمكوناتها وعناصرها، فإنه يمكن تقسيم مكونات النظام البيئى إلى مجموعتين رئيسيتين، هما:

المجموعة الأولى : مجموعة العناصر غير الحية

وتشمل هذه المجموعة العناصر الجامدة، مثل: الماء والهواء بغازاته المختلفة وحرارة الشمس وضوئها الذين يصلان إلى غلافنا الجوى وأرضنا. كما تشتمل أيضاً على التربة والصخور والمعادن المختلفة. كذلك تشمل المبانى والمنشآت وجميع ما استحدثه الإنسان من آلات وماكينات وغيرها. وكما هو واضح فإن هذه المجموعة تضم عناصر مقومات الحياة الأساسية.

المجموعة الثانية: مجموعة العناصر الحية

وهى تشمل جميع الكائنات الحية سواء كانت حيوانية أم نباتية، بالإضافة إلى الإنسان. ويمكن تقسيم هذه المجموعة من حيث إنتاجها للغذاء أو إستهلاكها له إلى ثلاث مجموعات، وهى:

١- مجموعة العناصر الحية المنتجة

وتتمثل فى الكائنات الحية النباتية. ويطلق على هذه المجموعة إسم "مجموعة المنتجين"، لأنها تصنع وتنتج غذاءها بنفسها من عناصر المجموعة الأولى. وهى أيضاً توفر الغذاء لمجموعات أخرى غيرها. فالنباتات تصنع غذاءها بنفسها، وهى أيضاً تعدّ غذاءً ضرورياً للكثير من الكائنات الأخرى.

٢- مجموعة العناصر الحية المستهلكة

وهى تشمل الكائنات الحية الحيوانية التى تعتمد فى غذائها على غيرها، ولذلك تسمى "مجموعة المنتفعين"، أو "مجموعة المستهلكين".

وتشتمل هذه المجموعة على الإنسان، والحيوانات العشبية (آكلة العشب)، والحيوانات آكلة اللحوم. فهذه الحيوانات تعتمد على غيرها فى توفير الغذاء اللازم لها.

٣- مجموعة العناصر الحية المحلِّلة

وتضم هذه المجموعة الكائنات المجهرية الدقيقة، مثل: الفطريات، والبكتريا. وتقوم هذه المجموعة بعملية تكسير أو تحليل للمواد العضوية سواء كانت نباتية أم حيوانية.

وتلعب هذه المجموعة من العناصر دوراً مهمّاً فى التخلص من بقايا الكائنات الحية، وتنقية البيئة وتخليصها من أنواع عديدة من الملوثات.

المدخلات والمخرجات للنظام البيئى

يعدّ النظام البيئى دورة متصلة من مجموعة من العناصر التى تعرف بالمدخلات والمخرجات. ويطلق على تلك المجموعة من العناصر التى يعيش ويعتمد عليها الإنسان فى غذائه وإحتياجاته الضرورية لإستمرار حياته كالنباتات والحيوانات والشمس والرياح والمياه، وغيرها إسم "مدخلات النظام البيئى"، على حين يطلق "مخرجات النظام البيئى" على تلك المجموعة

من العناصر التى تخرج نتيجة نشاطات الإنسان المختلفة، والدورات الطبيعية للعناصر فى الطبيعة، مثل : المياه، والحرارة، والنبات، وغيرها.

مدخلات النظام البيئى

تعدّ الشمس أهم عناصر النظام البيئى على الإطلاق، فهى تمدنا بالطاقة والضوء اللازمين لإستمرار الحياة على سطح الأرض. فضوء الشمس أحد العوامل الضرورية واللازمة لإتمام عملية التمثيل الضوئى فى النبات، والتى من خلالها يتم تكوين غذاء النبات اللازم لنموه. والنباتات – كما هو معروف – هى الغذاء الرئيسى للعديد من الحيوانات، التى تعرف بـ "آكلات الأعشاب". وكذلك، تكون النباتات والحيوانات غذاءً مهماً وضرورياً للإنسان.

كذلك تساعد حرارة الشمس على تبخير كميات كبيرة من مياه البحار والمحيطات، مما يساعد على تكوين السحب التى تسقط الأمطار على مناطق متفرقة من سطح الأرض. وتعدّ الأمطار أحد مصادر مياه الرى المهمة، وبخاصة فى المناطق الصحراوية، والمناطق التى لا تمر بها الأنهار، أو التى تفتقر إلى المياه الجوفية ومياه العيون والآبار.

ومن مدخلات النظام البيئى أيضاً : الرياح ومياه الأنهار، حيث إنها تنقل بذور النباتات من مكان إلا آخر، وتسهم فى إدخال أنواع متعددة من النباتات ونموها وإزدهارها.

ويمكن إعتبار الإنسان كعنصر من المدخلات فى النظام البيئى، لأنه ينقل بذور النباتات، ويستنبط أنواعاً جديدة منها. كما نجح الإنسان فى إستخدام الأسمدة الكيميائية والمخصبات (الصناعية) لتقوية التربة، مما ينعكس على النباتات المزروعة بها.

وهكذا، نجد أنه كلما إزداد نشاط الإنسان وتقدمه التقنى، كان تـأثيره على البيئة وعناصرها أكبر، بما يؤدى إلى زيادة مواردها.

مخرجات النظام البيئى

يعدّ الماء أحد عناصر النظام البيئى، وهو يخرج مرة أخرى من النظام البيئى على هيئة بخار ماء من المسطحات المائية بفعل حرارة الشمس والتيارات الهوائية، أو من النباتات فى أثناء عمليات النتح، وتمثل هذه المرحلة إحدى مراحل الدورة المائية على سطح الأرض.

كذلك يخرج النبات من البيئة من خلال تغذية الإنسان والحيوان به. ويتم أيضاً إخراج الحيوانات من البيئة عن طريق صيدها أو موتها وفنائها.

وكما أن الإنسان يعدّ أحد مدخلات النظام البيئى، فهو أيضاً أحد عناصر مخرجات ذلك النظام من خلال موته وفنائه وإندثاره.

وهكذا، نجد أن النظام إلبيئى هو عبارة عن نظام مفتوح تدخله العناصر فى صور محددة وتخرج منه فى صور أخرى. تدخله نقية وتخرج منه نقية إلى حد كبير أو ملوثة بعض الشئ. ومع وجود هذا التلوث البسيط، فإن النظام البيئى يستطيع إستيعاب هذا التلوث المحدود، وعلى ذلك تدخل العناصر مرة أخرى بصورة نقية.

ولكن، نتيجة التقدم التقنى الهائل فى الزراعة والصناعة ومختلف نواحى الحياة، وما صاحبه من تلوث فاق الحدود، فإن الأنظمة البيئية أصبحت غير قادرة على إستيعاب هذا الكم من التلوث الذى شمل كل عناصر النظام البيئى (المدخلات والمخرجات).

لقد أصبحت المدخلات ملوثة والمخرجات أكثر تلوثاً، مما أدى إلى تراكم جميع أنواع الملوثات، وبالتالى أضعف من الدور الذى تقـوم بـه وتلعبـه الدورات الطبيعية فى تدوير الملوثات وتشتيتها.

التوازن الطبيعى

هناك علاقات تربط الكائنات الحية بعضها ببعض، كما أن هناك علاقات تربط بين هذه الكائنات الحية والعوامل الطبيعية التى تحـيط بهـا. ولـذا، نستطيع القول بأن أى خلل فى هذه العلاقات سيؤدى بشكل أو بـآخر إلـى الإخلال بالتوازن الطبيعى.

وهناك أساليب مختلفة للحفاظ على التوازن بين الأفراد والمجموعـات فى أى نظام بيئى. وعلى الرغم من وجود تغيرات مستمرة فى مكونات بيئة ما، فإنه توجد عوامل تساعد على حفظ التوازن وبقائه وإستمراره.

ويحدث التوازن نتيجة عوامل طبيعية، مثل : الماء والغذاء والشـمس والغازات والمعادن، وهو ما يسمى بالتوزان الطبيعى. كذلك قد يحدث الإتزان (التوازن) نتيجة عوامل حيوية، مثل : الإفتراس والتطفل.

وقد يحدث الخلل فى التوزان البيئى نتيجة عدم توافر الكمية اللازمـة من الطاقة الشمسية، وغاز ثانى أكسيد الكربون، حيث يؤدى ذلك إلى نقص الكمية المنتجة من المواد الكربوهيدراتية، مما يـؤثر سـلباً علـى آكـلات الأعشاب (آكلات النباتات)، وبالتالى ينعكس ذلك على كائنات المرتبة التـى تليها فى السلسلة الغذائية، وهى آكلات اللحوم. وهكذا يحـدث الخلـل فـى التوازن الطبيعى.

وتلعب الكائنات الحية دوراً مهماً فى التوازن الطبيعى.. فإبادة نوع معين من الفرائس (كالحشرات بإستعمال مبيد الـ د.د.ت) يؤدى إلى نقصان عدد الكائنات التى تتغذى على الحشرات كالطيور مثلاً، وذلك يؤدى بدوره إلى نوع من التفكك فى السلسلة الغذائية.

ومن ناحية أخرى، فإن أى إزدياد غير محدود فى تعداد أفراد أية مجموعة سكانية سيؤدى بالضرورة إلى إستنفاد العناصر أو الكائنات التى يعتمد عليها أفراد هذه المجموعة، مما يؤدى إلى حدوث خلل فى التوازن البيئى، والذى يعدّ التلوث البيئى من أهم وأبرز سماته وصفاته.

ومن خصائص الأنظمة المختلفة أن تعيش فيها أنواع معينة من الكائنات الحية. فإذا إختفى منها نوع، إختل الإتزان وأصبحت أنواع أخرى من هذه الكائنات مهددة بالإنقراض. كما أن إبادة نوع من أنواع الحيوانات بسبب إستخدام مبيد قد ينتج عنه تكاثر نوع من الحشرات بشكل رهيب كانت الحيوانات التى تمت إبادتها تتغذى عليه وتحمى البيئة من شرور كثرة أعداده.

الباب الثاني

التغيرات المناخية و أثرها البيئي

يعتبر الاشعاع الشمسي هو المحرك الاساسي في نظام المناخ والاشعاع الشمسي يعتمــد علي دوران الأرض حول محورها ودورانها حول الشمس . ولكي تحافظ الكرة الأرضية علي متوسط درجة حرارتها لا بد وأن تشــع إلي الفضاء الخارجي نفس كمية الطاقة الحرارية التي تتلقاها من الشــمس وهي تفعل ذلك عن طريق اصدار اشعاع موجات طويلة في المنطقــة تحــت الحمراء من الطيف في درجة حرارة قدرها نحو ١٩ – درجة سيلزية فــي حين إن المتوسط السنوي لدرجة حرارة الكرة الأرضــية هــو ١٥ درجــة سيلزية وذلك نتيجة لوجود الغازات في الجزء الادني من الغلاف الجوي مثل الأوزون والميثان ثاني أكسيد الكربون وبخار الماء . وهذه الغازات تمــتص بعضا من الاشعاع الصادر عن الأرض وتعيد اشعاع بعض منها إلي الفضاء الخارجي وبعضه الاخر إلي سطح الأرض والمقدار الذي تتم اعادة اشــعاعه إلي سطح الأرض يسخن هذا السطح . وهذا التسخين لسطح الأرض الناتج عن الطاقة التي يعيد الغلاف الجوي اشعاعها إلــي ســطح الأرض يعــرف بالاحتباس الحراري .

ويمكن توقع ارتفاع درجة حرارة سطح الأرض بسبب زيادة الاحتباس الحراري . ولما كان نظام الكرة الأرضية معقدا جدا فإن ارتفاع درجة حرارة سطحها يعتمد علي عمليات التغذية المرتدة بين مختلف أقسام هــذا النظــام فعلي سبيل المثال إن أي زيادة في عدد الجسيمات الدقيقة في الجو ســواء نتيجة لإحراق الوقود الاحفوري أو نتيجة لنشاط بركاني ، من شأنها إن تبرد

الغلاف الجوي لأن هذه الجسيمات تعمل علي بعثرة وامتصاص جــزء مــن الأشعة القادمة من الشمس قبل إن تصل إلي سطح الأرض . وهكذا فان أي تغير في التوازن الإشعاعي للأرض بما في ذلك التغيير الذي تسببه الزيـــادة في غازات الاحتباس الحراري أو الهباء الجوي من شأنه إن يغير درجـــات حرارة علي الأرض مما يؤثر في أنماط الطقس والمناخ وبالتالي في إشــكال الحياة وفي المنظومة البيئية والمنظومة الاجتماعيــة – الاقتصـــادية علـــي كوكبنا .

تأثيرات الإنسان في المناخ

لقد كانت في الماضي ترد تقلبات المناخ إلي الطبيعة بصورة اساســية وبتأثير قليل او من دون أي تأثير من الإنســـان غير ان العامل البشري قــد اضيف إلي المعادلة المناخية حيث أن اطــلاق بعــض الغــازات المســببة للاحتباس الحراري في الجو ادي إلي تغير كبير في تركيزات هذه الغــازات مقارنة بما كانت عليه قبل التقدم الصناعي . وعلـــي ســبيل المثـــال فـــان تركيزات ثاني أكسيد الكربون في الجو قد ازدادت نسبته حتي وصل تركيـــزه تقريبا الي ٣١ % فبلغ ٨٦٨ جزءا في المليون (868 ppm) ، كمـــا ازداد تركيز غازي الميـــثان واحادي أكسيد النتروجين بنسبة ١٤٥ و ١٥% علي الترتيب . ان ظاهرة الاحتباس الحراري الطبيعية موجودة منذ ملايين السنين ، الاّ أن تزايد غازات الاحتباس الحراري في الجو نتيجة للأنشطة البشـــرية ينذر بأخطار حدوث تغير مناخي . والتغيرات التي حدثت في طرق اســـتخدام الأرض ، واحراق الوقود الاحفوري مؤخرا ادت إلي اضافة أكثر مـــن ١٨٠ بليون طن من ثاني أكـــسيد الكربون في الجو. والجدير بالذكر أن التغيرات

المناخية المتوقعة من الممكن ان تغير مناطق التبريد الجارية وتنقلها الـــي جهات اخري من الارض عن طريق تغير انماط الرياح ..

تستند التنبؤات المستقبلية للمناخ على نماذج مناخية حسابية تتضـــمن تمثيلا للغلاف الجوي والمحيطات والغلاف الجليدي والســطوح الأرضــية ، والتأثيرات فيما بينها وهي مبنية علي القوانين الفيزيائية التي تصف حركة الغلاف الجوي والمحيطات وتتضمن تمثــيلا للســحب والمحيطـــات للكـــرة الأرضية كاملة .

وتتولي منظمة الارصاد الجوية العالميـــة باستمرار تقييم صلاحية هذه النماذج للتأكد من مدي قدراتنا علي التنبؤ بالتغير المناخي الذي يمكـــن ان تحدثه الأنشطة البشرية ويتم تشغيل هذه النماذج في الحاسب الآلي لتغطي فترات طويلة ممتدة في المستقبل بمعـــزل عـــن أي تغيـــر فـــي المـــؤثرات الخارجية مثل الزيادات في تركيزات غازات الاحتباس الحراري وفـــي هـــذه المرحلة يمكن مقارنة النتائـــج التي يتوصل إليها النمـــــوذج بالتســـجيلات الفعلية للمناخ الحالي . ومن ثم تشغيل هذه النماذج مع إضـــافة التغيـــرات المتوقعة إلي المؤثرات الخارجـــية وهكذا فان الفرق بين المناخين يوفر لنا تقديـــرا للتغيرات المناخية التي ستسببها هذه العوامل الخارجية .

وتؤكد التنبؤات المناخية أن متوسط درجات حـــرارة الكـــرة الأرضـــية سوف يرتفع ما بين درجة واحـــدة و ٣٥ درجة سيلزية في نهايـــة القـــرن الحادي والعشرين . كما تظهر هذه التنبؤات ان ارتفاع مستوي سطح البحر الذي سيصاحب ارتفاع درجة الحرارة المتوقعة سوف يتـــراوح بـــين ١٥ و ٩٥ سنتيمترا ، وسوف تستمر الحرارة ومستوي سطح البحر في الارتفـــاع بعد ذلك نتيجة للأنشطة البشرية المتنامية .

تشير تقديرات التغيرات المناخية إلي ان الخسائر التي سوف تنجم عن تسخين الكرة الأرضية بمقدار ٢,٥ درجة سيلزية سوف تتراوح مـا بـين واحد و١,٥% من الناتـج القومي الاجمالي سنويا في الدول المتقدمة ، وما بين ٢ و ٩% في الدول النامية .

ثقب الأوزون

تعد التركيزات العالية من غاز أول اكسيد الكلور احد الملوثـات التـي تسبب انكماش طبقة الأوزون في طبقة الاستراتوسفير .

وبقياس تركيزات غاز أول أكسيد الكلور اثناء عدة رحلات قامت بهـا مركبات الفضاء فوق مناطق خطوط العرض الوسطي من الكـرة الأرضـية اتضح إن تركيز هذا الغاز يزداد كل عام عن سابقة وذلـك نتيجـة للتقـدم الصناعي . ويري العلماء إن بقاء تركيز الغاز علي ذلك النحو دون انخفاض يمكن إن يتسبب في تآكل الأوزون في المنطقة المتأثرة بحوالي ٢% مؤديـا إلي تكوين ثقب اوزوني في المستقبل القريب يؤكد هذه الحقيقـة انخفـاض الأوزون بنسبة تتراوح ما بين ٣ إلي ٦% في المناطق الوسطي الشـمالية من الكرة الأرضية خلال العقدين الماضيين .

بالرغم من أنه لم يتأكد بشـكل قاطع علاقة نقصـان طبقـة الأوزون بغاز أول أكسيد الكلور ، إلا إن بعض النظريات تؤكد هذه العلاقـة ، ومـن تلك النظـريات إن انخفاض درجة حرارة غاز أول أكسيد الكلور في القطبين اثناء فصل الشتاء يؤدي إلي تكون سحابة ثلجية تؤدي الـي تحـول غـاز الكلور إلي غاز أول أكسيد الكلور النشط . وتمنع الرياح القطـبية البـاردة هذه السحـابة الثلجية من الاختلاط بالرياح الدافئة حول المناطق الوسـطي

وبالـــتالي تبعدها من هذه المناطـــق اثناء الفترة ما بين اكتوبر إلي ديسمبر . وفي شـــهر فبراير تتحرك هذه الرياح متجهة إلي شمال الكرة الأرضـــية حاملة معها سحـــابة أول أكسيد الكلور الذي يتفاعل مع الأوزون فيقلل مـــن نسبته وبالتالي تقلص طبقة الأوزون في الغلاف الجوي .

ويتسبب الهواء البارد اثناء سيره باتجاه خط الاستواء في تجميع ذرات دقيقة من حامض الكبريتيك التي تتفاعل مع الكلور في الجو فيتحول بـــدوره إلي أول أكسيد الكلور الذي يتركز في المناطق الوسطي من الكرى الأرضية . وبما إن النشاط الصناعي الذي يتسبب في زيادة الكلور في الجو يتركز في المناطق الشمالية من الكرة الأرضية ، وبالتالي فإن تركيز أول أكسيد الكلور سيزداد في نصف الكرة الشمالي .

النظم البيئية المائية

مما لا شك فيه بأنه سوف يكـــون لارتفـــاع مســـتوي ميـــاه البحـــار والمحيطات تأثيراً اجتماعيا واقتصادياً كبيراً عندما تصبح الجزر المنبســـطة والموانئ والمناطق السياحية والأراضي الساحلية مهددة كلها بأن تغمرهـــا المياه نتيجة للتغيرات المناخية المفترضة . ولقـــد اصـــبح ذلـــك واضـــحا وترجمته الكارثة البيئية التي حلت بمناطق شرق آسيا خاصة مناطق جـــزر اندونسيا والجزر التايلاندية وسريلانكا والمناطق الساحلية بالهند وغيرهمـــا من مناطق شرق آسيا التي داهمتها امواج المد الســـونامية خـــلال شـــهر ديسمبر من عام ٢٠٠٤م نتيجة للارتفاع في مستوى مياه المحيط الهنـــدي وستكون الدول الساحلـــية التي تتشارك في اهوار او بحيرات ضحلة متصلة

بالبحر ، كتلك الموجودة في شمال افريقيا وغربها وشرقها ، عرضـه إلـي مزيد من تآكل الشطآن واصابة الحيود البحرية المرجانية بالضرر مـع مـا يستتبع ذلك من اثار وخيمة في الصناعة السياحية ، كما ان زيادة ملوحـة المناطق الساحلية سوف تؤثر في الزراعة الساحلية وامدادات المياه ، ومع ارتفاع مستوي سطح البحر يصبح نحو مئات الملايين من البشر مهـددين بفيضـان ساحلي .وإذا ما وصل هذا الارتفاع إلي ٥٠ سنتيمـتر فان عـدد المهـددين سوف يتضاعف وتشير بعض الارصـاد العلمية الحديثة إلي ان تلوث المياه بالملح سجل علي مسافة ٨٠ كيلومترا فى اعلي مجـري نهـر زامبـيزي وعلي مسافة ١٢٠ كيلومترا في اعلي مجري نهر كامبيا خـلال فصـل الجفاف ومع ارتفـاع مستوي سطح البحر ستتأثر أنمـاط الـدورة المحيطية . وقد يطرأ تغير علي توفر الغذاء البحري وعلي بنية النظم البيئية البحرية.

ان تغير درجة حرارة المياه ونظم جريانها يمكن ان يؤثرا فـي نمـو الكائنات الحية وتكاثرها ، وبالتالي في استمرار الأنواع وتنوعها وتوزيعهـا الجغرافي وسوف تكتسب نوعية المياه اهمية اكبر إذا مـا تغيـر التـوازن المائي نتيجة لما يصب ويلقي في المياه من مخلفات صـناعية او زراعيـة اصبحت تزداد يوما بعد يوم من جراء التقدم لاصناعي والزراعي .

لقد بلغت خسائر الكوراث الطبيعية في اوربا الناتجة عن التغيرات فـي الطقس والمناخ الي أكثر من ٩٦٠ بليون دولار ، في نهاية القرن العشرين . ولقد كارثة امواج المد السونامي في منطقة شرق آسيا الـي خسـائر فـي الارواح وصلت الي ٢٥٠٠٠٠ فرد والي خسائر اقتصادية تعـدت الثلاثـة مليارات دولار حتي هذا الشهر (يناير ٢٠٠٥م) .

ما الذي نستطيع ان نفعله حيال التغير المناخي

ان حماية الغلاف الجوي هو مسعي واسع النطاق ومتعدد الأبعاد يشمل قطاعات مختلفة من الأنشطة الاقتصادية وعليه فإن الاحتياجات المستقبلية من الطاقة والطعام والمياه لابد وان تتم من دون ان يؤثر ذلك في المناخ ، وهذا يعني ان علي البشرية ان تتبنى استراتيجيات من شأنها ان تلبي الاحتياجات الحالية والمستقبلية من الطاقة والطعام دون ان يتسبب ذلك في زيادة مستمرة في غازات الاحتباس الحراري في لجو ومثل هذه الاستراتيجيات يمكن ان تشتمل على ما يلي :

١ – نشر السلوكيات الاجتماعية والاقتصادية التي تحافظ علي البيئة وتنفيذ الاتفاقيات الدولية التي تهدف إلي التقليل من الانبعاث الغازي للمحافظة علي التوازن في الغلاف الغازي مثل بروتوكول كيوتو الملحق ، واتفاقية الامم المتحدة حول التنوع الاحيائي واتفاقية الأمم المتحدة الخاصة بمحاربة التصحر والاتفاقيات الخاصة بحماية طبقة الأوزون .

٢ – اعتماد استراتيجيات فعالة وصديقة للبيئة في عمليات التطوير الاقتصادي ، بما في ذلك زيادة الاعتماد علي المصادر النظيفة والمتجددة لتوليد الطاقة مثل الرياح والأشعة الشمسية والطاقة المائية التي قد تقلل من انبعاث غازات الاحتباس الحراري .

٣ – استخدام استراتيجيات من شأنها تلبية احتياجات العالم من الطعام والتقليل من تلويث مصادر المياه العذبة بفعل الأنشطة الزراعية .

٤ – والحفاظ علي الغابات باعتبارها مخلصا حيويا لغاز ثاني أكسيد الكربون . خاصة مع ازدياد عدد السكان وتنامي الحاجة الي الأراضي الصالحة للزراعة لانتاج الطعام والكساء .

٥ – نشر الوعي والفهم لدي الشعوب للأخطار المحتملة للتغير المناخي والي ضرورة اتخاذ الإجراءات الكفيلة بالتصدي لهذه الأخطار .

٦ – مراقبة كل التغيرات التي تطرأ علي الأرض والتي تؤدي الي التغيرات المناخية من خلال شبكة معلومات شاملة .

التصحر

التصحر هو "تقصان أو هدم وتخريب الأرض المستغلة مما يؤدي بها الي حالات شبيهة بالصحراء . ولقد أصبحت ظاهرة التصحر من الخطورة بمكان مما دعى الهيئات المختصة إلى الشروع في تخطيط وتنفيذ مشاريع للتعرف على مشاكل التصحر وإيجاد الحلول لمكافحتها حسب نمط استخدام الأرض .

ولقد عرف التصحر كظاهرة بيئية في سبعينات القرن العشرين بعد ما ظهرت أثاره علي الانسان وجميع الكائنات الحية . ومنذ ذك الحين وضعت الهيئات المعنية خطط وبرامج لمكافحة ظاهرة التصحر .

حجم مشكلة التصحر

لقد وجد ان ظاهرة التصحر تؤثر على ٨٠% من مراعى العالم الطبيعية في الأراضى القاحلة ، وعلى ٦٠% من أراضى الزراعة البعلية

بالإضافة إلى ٣٠% من الأراضى المروية. ولقد تعرضت بعض المناطق للتصحر حيث فقدت أكثر من ٢٥% من إنتاجيتها وتحتاج إلى إستصلاح هائل كما أن هناك اراضي مهددة بالتصحر من دراء النشاطات البشرية غير المرشدة .

وتعتبر المنطقة العربية من اكثر البلاد التي تعرضت للتصحر ، اذ أن ٨٥% من مساحة البلاد العربية تقريبا الواقعة في آسيا قد تضررت من التصحر اضافة الي بعض البلدان العربية في الشمال الأفريقي .

الصحارى وأنماطها في العالم

تصل مساحة الصحاري في العالم الي حوالي ٥٠ مليون كم٢ أي ثلث مساحة الكرة الأرضي تقريبا وتقسم الي :

١ - صحارى شبه مدارية .
٢ - صحاري شاطئية باردة
٣ - صحاري ظهور الجبال
٤ - صحاري داخلية (داخل القارات)

وتعتبر معظم أراضى الوطن العربى ضمن نطاق الأراضى الجافة وشبه الجافة ، مما يجعلها عرضه لعمليات التصحر .

مظاهر التصحر

وللتصحر اوجه عديدة ومن ابرز مظاهر التصحر ما يلي :

١ - زحف الرمال علي هيئة كثبان رملية بأشكالها المختلفة أو على شكل حصائر رملية.
٢ - وقلة الغطاء النباتى وتدهور المراعي .

٣ – رى الأراضى بكميات زائدة من الماء فتصبح غير صالحة لنمو النباتات الوسطية أو الجفافية الري بالغمر الزائد مما يؤدي الي تمليح الاراضي.

٤ – تعرية تربة المحاصيل الزراعية من جراء السيول التي تؤدي الي تجريف التربة .

٥ – إزالة الغطاء النباتى بالاحتطاب الإحتطاب والوقود وصناعة الأثاث الخشبى.

٦ – استنزاف المخزون المائي الجوفي او السطحي من جراء الاستهلاك غير المرشد في الري .

ويتضح بذلك ان التصحر ينجم عن التغير في العناصر البيئية خاصة العوامل المناخية اضافة الي العامل البشري الذي يلعب دورا كبيرا في زيادة التصحر من جراء الأنشطة البشرية .

تدهور الغطاء النباتى

يتعرض الغطاء النباتى في الكرة الأرضية للتدهور الذى يعمل علي التقليل من المساحة الخضراء وذلك بالقضاء على الغابات والمراعى حيث أن الأشجار والغابات التي تغطي الأرضي اخذت في التلاشي خاصة فى العالم الثالث، وذلك نتيجة الإحتطاب والصناعات الخشبية اضافة لتلوث الهواء والأنشطة الصناعية التي ادت الي تكوين الامطار الحامضية التي اثرت علي الغابات في اوربا حيث بلغت المساحات المتضررة عشر مليون هكتار تقريبا في اوربا . وذلك كله ناتج عن سوء إستخدام الإنسان للمصادر والثروات البيئية،وكذلك نتيجة للنشاط الصناعى وما ينتج عنه من تلوث هوائى

أوكيميائى أوإشعاعى، وأيضا فإن الحرائق تلعب دورا كبيرا في القضاء علي الغابات .

مكافحة التصحر :

ان وسائل مكافحة التصحر متعدد منها :

١ - التوعية البيئية بشتى الوسائل لتوضيح اهمية المحافظة علي البيئة .

٢ - تنظيم عمليات الرعى للحد من عمليات الرعي الجائر الذى يسهم فى القضاء على الغطاء النباتى.

٣ - إيقاف زحف الرمال بتثبيتها بالطرق المختلفة كزراعتها او رشها او وضع مصدات للرياح التي تعمل على إعاقة حركة الرمال.

٤ - ترشيد استهلاك المياه الجوفية فى الزراعية

٥ - ترشيد عملية الإحتطاب في الغابات ووضع طرق للوقاية من حرائق الغابات .

٦ - سن وتطبيق القوانين الرادعة لتحد من تصرفات البشر غير المرشدة مع مكونات البيئة .

دور التشجير في مكافحة التصحر

لقد اصبح الزحف الصحراوى يهدد خمس المساحات فى الكرة الأرضية، ويخشى علماء البيئة من تحول جزء كبير من الأراضى الزراعية والتى لا تزيد عن ١٥% من مساحة الكرة الأرضية إلى صحراء نتيجة للتدهور البيئي وإستمرار الكوارث الطبيعية كإستمرار سنوات الجفاف المتلاحقة التى أثرت فى العديد من بقاع العالم وكذلك الاستخدام البشري الخاطئ لقواعد ونظم البيئة والإخلال بالتوازن البيئى عن طريق الزراعة فى المناطق الجديدة والرعى الجائر بتحمل وحدة المساحة الرعوية أكثر من

طاقتها الرعوية، والتوسع العمرانى والإعتداء على أراضى الغابات وذلك بقطع الأشجار والشجيرات وشق الطرق داخل الغابات، وبالرغم من أن الجفاف عامل أساسى من عوامل التصحر بإعتباره حالة مناخية فوق طاقة البشر إلا أن الإنسان كمستغل للموارد الطبيعية يعد فى أغلب الأحيان هو المسبب الرئيسى لحالات التصحر.

لقد وهب الله سبحانه وتعالى بعض النباتات خصائص تمكنها من مقاومة الجفاف ومن هذه الخصائص ما يلي :

١ – كبر مجموعها الجذرى حيث يشغل مساحة كبيرة من التربة .

٢ – تغلغل الجذر داخل التربة للوصول إلى مستوى الماء الأرضى .

٣ – صغر حجم اوراق بعض النباتات الصحراوية لتقليل النتح .

٤ – تساقط اوراق بعض النباتات الصحراوية في مواسم الجفاف .

٥ – تميز اوراق بعض النباتات الصحراوية بسمك ادمتها نتيجة لترسيب المواد الدهنية والشمعية عليها لمساعدتها في عكس أشعة الشمس مما يساعد على عدم رفع درجة حرارة النبات، وبالتالى لا يفقد كمية كبيرة من المياه.

٦ – فى بعض نباتات الصحراء يلاحظ أن ترتيب الأوراق على الساق يكون بشكل تبادلى مما يساعد على تضليل الاوراق لبعضها وبالتالي حمايتها من اشعة الشمس.

٧ – تميز بعض النباتات الصحراوية بقلة عدد الثغور التى يتم عن طريقها نتح الماء، وبعض النباتات توجد ثغورها فى تجاويف محمية بالأوبار.

الأخطار التى تواجه نباتات الصحراء ؟

ونظرا للاستخدامات المتعددة للنباتـات الصـحراوية فـي الاغـراض الدوائية كوقود ، وفي صناعة الاثاث وايضا كعلف للماشية فانه يتضح الدور الخطير الذى يقوم به الإنسان بصورة مباشرة أو غير مباشرة فـى التـأثير على نباتات الصحراء، ومن أبرز الظواهر السيئة لأنشـطة الإنسـان التـى يمارسها دون أي اعتبار للضوابط البيئية والحيوية ما يلي :

أ – **الرعى الجائر** : إذ أن الرعى الجائر عامل مهم فى إزالة الغطاء النباتى وإنهاك التربة

ب- **الإحتطاب** : وعلى الرغم من التقدم العلمى وإستخدام الإنسـان للأجهزة الكهربائية والبترولية فى الوقود والتدفئة إلا أنـه لازال يسـتعمل الحطب والفحم في التدفئة كما تقطع الأشـجار للإسـتفادة مـن جـذوعها وسيقانها فى الاثاث المنزلي بصورة تهدد النباتات الصحراوية بالفناء .

أهمية المحافظة على نباتات الصحراء :

من الصعوبة أن يستعاض عن هذه النباتات الصحراوية ذات المقـدرة التحملية للإجهادات البيئية بنباتات مزروعة تتطلب رعايتهـا الكثيـر مـن التكلفة. والنباتات بشكل عام من أهم الثروات البيئية الطبيعية والتى تلعـب دوراً بارزاً ومهماً فى التوازن البينى، ولذا قـام علمـاء البيئـة بالمنـاداة بالمحافظة على النباتات الطبيعية والإهتمام بها وأنشئت الهيئات المتخصصة التى تبين خطورة العمل على إنقراض النباتات ومن بينها نباتات الصحراء، ولقد أسست الجمعيات العلمية المعنية بالبيئة واصبح لهـا دور كبيـرا فـي

التوعية البيئية ومنها الدور المتنامي في المناداة وسن القوانين للمحافظة علي النباتات الصحراوية للمحافظة علي التوازن البيئي .

زحف الرمال

تمثل الأراضى الصحراوية بيئة خاصة، ولونا فريدا ، يبدو قاسياً ولكنه فى الحقيقة نظام فريد من الأنظمة البيئية المختلفة التى أوجدها الله فى هذا الكون. يتميز بمشكلاته التى تنشأ عن الجفاف وشدة الحرارة، وهى عوامل تؤثر فى مكونات القشرة الأرضية فتفتتها إلى حبيبات صغيرة من الرمال والحصى مختلفة الأحجام تكون فى مجموعها مسطحات رملية تختلف طبقاً لمكوناتها. وهذه الرمال الصحراوية تحملها الرياح الي مسافات بعيدة فوق سطح الأرض، فالحبيبات الناعمة تعلوم مع الهواء أثناء العواصف الترابية وقد تصل إلى إرتفاع كيل واحد (كيلومتر) أو أكثر، وتكون سحابة ترابية، أما حبيبات الرمل الأثقل فالرياح يمكن أن ترفعها عن سطح الأرض إلى حوالى متر أو أكثر قليلاً، وينتج عن ذلك السحب الرملية الكثيفة القريبة من سطح الأرض التى نلاحظها أثناء العواصف.

وتعد الآثار الضارة الناتجة عن إنتقال الرمال والتراب بواسطة الرياح والمشكلات المصاحبة أموراً فى غاية الأهمية يجب أخذها فى الإعتبار أثناء مراحل تخطيط وتصميم مشروعات التنمية وصيانتها فى المناطق الصحراوية، ويؤدى عدم العناية بدراسة هذه التأثيرات إلى معاناة هذه المشروعات من التكلفة الباهظة والقصور فى أدائها ، ومن الاثار الواضحة للعواصف الرملية ما يلي :

١ – تعرية التربة.

٢ – تذرية الرواسب السطحية الحديثة،نحت الأسطح المعرضة لها .

٣ – نقل الرواسب التى تفتت إلى مسافة بعيدة حيث تترسب ثانية علي هيئة أكوام كبيرة حول المبانى والطرق والمزارع والمنشآت الأخرى .

ولمعالجة مشكلات زحف الرمال يهمنا فى المقام الأول أن نحسب كميات الرمل التى تنتقل سنوياً تحت تأثير الرياح السائدة فى المنطقة، وكذلك طبيعة تجمعات الكثبان الرملية .

تثبيت الكثبان الرملية

هناك طرق مختلفة لتثبيت الكثبان الرملية وهي

أولاً – الطرق الميكانيكية :

١ – نقل الرمل بواسطة السيارات والآليات، إلا أن هذه الطريقة لم تستخدم إلا عند الضرورة القصوى كحماية مرفق هام.

٢ – حفر الخنادق بأعماق مختلفة لكسر حدة تدفق الرمال والحفر يكون علي مسافات متقاربة .

٣ – إنشاء حواجز (كاسرات رياح) بعيداً عن المناطق المراد حمايتها، لكسر التموجات الريحية .

ثانياً – طرق التغطية :

١ – التغطية بخام زيوت البترول.

٢ – تغطية الكثبان بخليط الأسمنت والرمل بنسب معينة

٣ – رش الكثبان بمواد كيماوية مثبتة منها أكاسيد الحديد

ثالثاً – الطرق الزراعية :

١ – زراعة الاشجار كمصدات للرياح .

٢ – زراعة الكثبان الرملية بالنباتات التي تعمل علي تثبيتها .

المحافظة على التربة

ان العامل الرئيسي المسبب للتصحر هو النشـــاط البشـــري المحمـــوم والمتمثل في سوء إستغلال الأراضى وإدارتها، وفى المغالاة في الإســـتفادة من الغطاء النباتى، كما ان الجفاف يعجل بحدوث ظاهرة التصـــحر .وتقـــدر مساحة الأراضى الزراعية التى يفقدها العالم نتيجة للتصحر لتحويلها إلـــى أغراض غير زراعية بسبب التوسع العمرانى والصـــناعى مـــا يعـــادل ١١ مليون هكتار سنوياً اضافة الي حوالى ٧ مليون هكتار من المراعـــى تفقـــد سنوياً نتيجة للرعى الجائر.

تدهور التربة

ان تدهور التربة يؤدي الي إنخفاض إنتاجها النباتى وهنـــاك عوامـــل تؤدي الي تدهور التربة منها :

١ – التشبع المائي :

ويقصد بالتشبع المائي تشبع التربة بالرطوبة عنـــد إرتفـــاع منســـوب سطح الماء إلى منطقة المجموع الجذرى مما يؤدى إلـــى إنخفـــاض إنتـــاج معظم المحاصيل الزراعية لعدم قدرتها على العيش في التربـــة دون وجـــود كمية كافية من الهواء . ويأتي ذلك من تخلل مياه الرى للتربة وتجمعها مع مرور الوقت فوق التربة قليلة النفاذية. وقد يحدث نتيجة لتسرب المياه أفقياً

من الأراضى المرتفعة إلى الأراضى المنخفضة المجاورة ويمكن التحكم فـي هذه العملية بتحسين اساليب الري وعمل قنوات صرف لمياه الري الزائدة .

٢- التملح والتغدق :

التملح هو زيادة تركيز الأملاح في منطقة الجذور في مناطق الزراعـة نتيجة لتراكم الأملاح في التربة السطحية، حيث يؤدى ذلـك لاعاقـة نمـو النباتات نتيجة لصعوبة إمتصاص جذورها للرطوبة ولتضرر أنسجة أوراقها الخضراء.

ويحدث نتيجة التملح استخدام مياه مرتفعة الملوحة في تربـة قليلـة النفاذ أو عندما تكون كمية مياه الرى غير كافية لغسل التربة من الأمـلاح. وتختلف النباتات في درجة تحملها للملوحة، ومن هنا تأتى أهميـة إختيـار أنواع النباتات التى يمكنها التكيف مع درجة ملوحة التربة.

٣- الإنضغاط

تظهر مشكلة الانضغاط في المناطق الزراعية التى تعتمد على إستعمال التقنيات الزراعية حيث ويؤدى الإنضغاط إلى الحد من تخلل الماء والجـذور في أعماق التربة. ويمكن التحكم في إنضغاط التربة بتغيير نمـط اسـتخدام الآلات الزراعية وتقليب الأرض. وقد ينتج الإنضـغاط مـن جـراء سـقوط الامطار علي التربة العارية مما يؤدي إلى تفكـك مكوناتهـا وحملهـا ثـم ترسيبها فتتكون في التربة قشرة سطحية تؤدي إلى إعاقة ظهور النباتـات وإلى زيادة سرعة جريان الماء فوقها وبالتالى إنجراف التربة مـع جريـان الماء عليها .

٤- التلوث :

يؤدى تلوث التربة بالمخلفات الصناعية والبلدية والنفايات الإشعاعية والمبيدات والأسمدة الكيميائية إلى زيادة تركيز المواد والعناصر الضارة بالإنسان في المنتجات الزراعية والحيوانات التى تعتمد في غذائها على تلك المنتجات مما يؤدى إلى إنخفاض إنتاج الأراضى أو خرابها.

يؤدي تلوث التربة بالمخلفات البلدية اوالصناعية اوالاشعاعية أو بالاسمدة الكيميائية والمبيدات الي تركيز المواد الضارة بالانسان في المنتجات الزراعية وكذلك يؤذى الحيوانات التي تعتمد في غذائها علي العلفة الخضراء. وكل ذلك يؤدي بدوره الي انخفاض انتاجيتها وتدهورها .

الباب الثالث

ملوثات البيئة .. وأنواعها

مفهوم التلوث

إن التقدم الإقتصادى والصناعى والتقنى الذى يعيشه العالم اليوم يعتبر نتيجة مباشرة لبراعة العلماء فى تسخير أنواع الطاقة المتاحة وإستبدال القوة العضلية بالقوة الميكانيكية (قوة الآلة). إن إستعمال الإنسان لمصادر الطاقة له عواقب بيئية مهمة تؤثر فى الحياة العامة والخاصة لكل منا، وهذه العواقب لا يمكن إحتواؤها الآن فى داخل الحدود الدولية، وعليه فإن التلوث الصادر فى مكان ما من عالمنا الصغير قد تجنى عواقبه فى مكان آخر يبعد آلاف الأميال عنه. لقد أصبح التلوث البيئى ظاهرة عالمية واكبت التقدم العلمى حتى أنها شملت الدول النامية المتقدمة أيضاً ولكن مع إختلاف نوعية التلوث. فبالنسبة للدول المتقدمة فإنها تعانى من تلوث وصل إلى التلوث الذرى، أما بالنسبة لمناطق دول العالم النامى والتى دخلت مجال التصنيع فى الخمسينات والستينات فإن التلوث بالنسبة لها يرجع أساساً إلى سببين رئيسيين ، وهما :

١- سوء إدارة الأنظمة البيئية .

٢- إغفال عنصر البيئة عند وضع خطط التنمية.

وتعتبر مشكلة التلوث البيئى لهذه الدول ذات بعدين رئيسين ، وهما:

١- تلوث ناجم عن النشاط الصناعى.

٢- تلوث نتيجة للتدهور الناجم من العوامل الإقتصادية والإجتماعية. وهذا النوع من التلوث له أسباب عديدة لعل من أهمها شيوع حالة الفقر وعدم كفاية الهياكل الأساسية، وكذلك تفشى الجهل والمرض وعدم توافر التوعية المناسبة وعلى وجه الخصوص فى مجالات الصحة والأمن الغذائى. وتعتبر مشكلة التلوث البيئى من أهم مشاكل الإنسان مع البيئة فى نشاطه المستمر للإستثمار والإنتاج، وتنعكس مشكلة التلوث البيئى بشكل حاد على حركة الإستثمارات والتنمية سواء فى الدول النامية أو المتقدمة على السواء.

ويعرف البنك الدولى التلوث بأنه " كل ما يؤدى نتيجة التكنولوجيا المستخدمة إلى إضافة مادة غريبة إلى الهواء أو الماء أو الغلاف الأرضى فى شكل كمى تؤدى إلى التأثير على نوعية الموارد وعدم ملائمتها وفقدانها خواصها أو تؤثر على إستقرار إستخدام تلك الموارد ".

ويعرف العالم البيئى أوديم "Odum" التلوث البيئى بأنه : "أى تغير فيزيائى أو كيميائى أو بيولوجى مميز، ويؤدى إلى تأثير ضار على الهواء، أو الماء أو الأرض أو يضر بصحة الإنسان والكائنات الحية الأخرى، وكذلك يؤدى إلى الإضرار بالعملية الإنتاجية كنتيجة للتأثير على حالة الموارد المتجددة".

ويعرف بعض العلماء تلوث الهواء بأنه وجود شوائب غازية أو صلبة أو سائلة فى الهواء، ويعتبر الهواء ملوثاً عندما توجد تلك الشوائب بتركيزات تبقى به لفترات زمنية كافية لإحداث ضرر بصحة الإنسان أو ممتلكاته أو بالحيوان أو النبات أو تتداخل فى ممارسة الإنسان لحياته العادية. كما يرى البعض أنه يمكن تعريف التلوث بأنه : " كل ما

يؤدى بطريقة مباشرة أو غير مباشرة إلى التأثير سـلبياً علـى سـلامة الوظائف المختلفة لكل الأنواع أو الكائنات الحية علـى الأرض (إنسـان، حيوان، نبات)، وكذلك كل ما يؤدى بشكل مباشر أو غيـر مباشـر إلـى الإضرار بالعملية الإنتاجية نتيجة للإقلال من كمية أو نوعيـة المـوارد المتجددة المتاحة لهذه العملية" .

وتعرف الدكتورة منى قاسم: التلوث بأنه : " كل مـا يـؤدى بشـكل مباشر أو غير مباشر إلى الإضرار بكفاءة العمـليـة الإنتاجيـة للتـأثير السلبى والضار على سلامة الوظائف المختلفة لكل الكائنـات الحيـة على الأرض سواء النبات أم الحيوان ، وبالتالى يؤدى إلى ضعف كفـاءة المـوارد وزيادة تكاليف العناية بها وحمايتها من أضـرار التلـوث البيئى" ، إذ أن التلـوث البيئى يؤثـر على العمليـة التبادليـة للمـواد بشكلها الجماعى للإنتاج فى إتجاهين، الإتجاه الأول : أنه يهـدد البيئـة الطبيعية بالتدهور ، والإتجاه الثانى : إنعكاس تدهور الموارد الطبيعيـة على البيئة التكنولوجية التى يستخدمها الإنسان فى التعامل مـع البيئـة الطبيعية لإنتاج سلع وخدمات تشبع حاجاته ورغباته.

ومن وجهة نظرى الخاصة يمكن تعريف التلوث بأنـه : " الفسـاد الذى يصيب كافة مكونات البيئة فيؤثر فيها ويغير من صفاتها وخواصها بما قد يؤدى إلى إتلافها أو هلاكها". وهذا ما أشار إليه القرآن الكريم فى قولـه تعالى :" ظهر الفساد فى البر والبحر بما كسبت أيدى الناس ليذيقهم بعـض الذى عملوا لعلهم يرجعون" سورة الروم : الآية ٤١ .

أنواع الملوثـــــات

يعتبر التلوث من أهم الظواهر البيئية المميزة للعصر الحديث. وفـــى الحقيقة فإن التلوث – بآثاره المختلفة – يجب أن يتسع مفهومــه ليشــمل تلوث المياه والهواء والتربة، وكــذلك التلــوث النــاجم عــن الضوضـــاء والإشعاع.

ويمكن تقسيم الملوثات إلى عدة أنواع طبقاً لنشأتها، طبيعة تأثيرها، قابليتها للتحلل ومن حيث كيفية تأثيرها.

أولاً – تقسيم الملوثات طبقاً لنشأتها

تنقسم الملوثات حسب طريقة تكوينها إلى قسمين :

١- *الملوثات الطبيعية :*

وهى الملوثات ذات المصدر الطبيعى والتى تنتج من مكونات البيئـــة ذاتها دون تدخل الإنسان، أى أن الإنسان وحضارته ليس لهما أى دور فـــى إنتاج تلك الملوثات وبثها إلى البيئة ، مثل : الغازات والأتربة التى تقــذفها البراكين، وأكاسيد النيتروجين التى تتكون فى الهــواء نتيجــة للتفريـــغ الكهربائى، وحبوب اللقاح التى تنتقل وتنتشر من النباتات الزهرية وتسبب بعض أمراض الحساسية. وفى الحقيقة فإن تأثير هذه الملوثات الطبيعية على البيئة ضئيل جداً، بل يصل إلى الدرجة التى يمكن القول بـــأن هـــذه الملوثات تصبح ذات تأثير غير ملوث أو ضار بالإنســـان أو النبـــات أو الحيوان إذا ما قورنت بما يسببه الإنسان ذاته وحضارته الحديثـــة مـــن تلوث للبيئة ولجميع الكائنات الحية من حوله.

ومن أمثلة هذه الملوثات الطبيعية :

(أ) مخلفات أجسام الكائنات الميتة والتى تجد طريقها إلى المياه فتلوثها.

(ب) الرواسب والمواد الذائبة التى تحملها مياه الأمطار أثناء مرورها فــوق التربة والصخور، وهذه الرواسب تحوى الرواسب المعدنية والفضلات العضوية الناتجة من تعفن النباتات الميتة.

(ج) المواد السامة التى تجد سبيلها إلى المياه عن طريق إذابة مياه الأمطار ، أثناء تساقطها ، لغــازات SOX ، NOX [حيــث × = 1 ، 2 ، 3] وغيـــرها والتى توجد فى الهواء الجوى، وهذا ما يســمى بــالمطر الحمضى.

(د) الحرائق : وخاصة حرائق الغابات التى تلوث الجــو بنــواتج إحتــراق الأشجار.

(هــ) الأملاح الذائبــــة والتى توجد فى مياه البحار بنسب عالية جــــداً، مما يتسبـــب عنه تسمم مياه تلك البحار بحيث تصبح غير صـــالحة للحياة، فتندثـــــر منها الأحياء المائية بجميع أنواعها ، مثل : ميــاه البحر الميت. كما أن هـــذه الأملاح قد تصل إلى التربـــة الزراعيـــة بنسب عالية فتفسدها وتجعلها مالحة جـــداً وغير صالحة للزراعة.

(و) البراكين : تقذف البراكين فى الجو كميات كبيرة من الغازات والملوثات الأخرى .

٢- *الملوثات غير الطبيعية*

وهى تلك الملوثات الناتجة من فعل الإنسان وإســتخدامه للأجهــزة والتقنيات الحديثة ، كتلك الناتجة عن شتى التفجيرات النووية ووسائل النقل والمواصلات وكذلك النفايات الصناعية.

وتعتبر هذه الملوثات هى الضريبة التى فرضتها الحضارة الحديثة والتقنيات المتقدمة على بنى البشر ومجتمعاتهم التى يعيشون فيها. ويدخل ضمن قائمة الملوثات غير الطبيعية.

(أ) المخلفات الصناعية وهى المواد الكيميائية الناتجة عن الصناعات المختلفة.

(ب) المخلفات الناتجة عن إحتراق الوقود وخاصة وقود السيارات والناقلات (شكل ٤) .

(ج) الإشعاعات الناتجة عن التفجيرات النووية . مثال ذلك : الإشعاعات التى نتجت عن إلقاء قنبلتى هيروشيما ونجازاكى عام ١٩٤٥م. والإشعاعات المتسربة أيضاً من بعض المفاعلات النووية أو التى تصاحب إنفجار هذه المفاعلات كما حدث فى مفاعل تشرنوبيل بالإتحاد السوفيتى السابق، حيث غطت آثار الإشعاعات النووية مساحات كبيرة من دول العالم، وأثرت هذه الإشعاعات على مصادر الغذاء النباتية والحيوانية.

(د) المبيدات الحشرية المستخدمة للقضاء على الآفات والحشرات الضارة بالتربة والمزروعات أو بالإنسان. حيث تتراكم المبيدات فى التربة وتغير من خواصها وتغير ما يزرع فيها من محاصيل، كما أنها قد تصل إلى الإنسان من خلال غذائه وشرابه أو الهواء الذى يتنفسه، فتسبب له المتاعب والأمراض أو قد تفتك به وتؤدى إلى هلاكه.

ثانياً – تقسيم الملوثات حسب طبيعة تأثيرها :

١ – *ملوثات إحيائية (بيولوجية)*

وهى الملوثات الناتجة عن الأحياء التى إذا وجدت فى مكان أو زمان بكم غير مناسب تسبب أضراراً للإنسان والنبات والحيوان، مثل : الفيروسات والبكتيريا التى تنتشر أنواعها فى الهواء والماء وتسبب أمراضاً للكائنات الحية. ومثال ذلك أيضاً حبوب لقاح بعض النباتات الزهرية والتى تنتشر فى مواسم معينة مسببة أمراض الحساسية فى الجهاز التنفسى للإنسان.

٢ – *ملوثات كيميائية*

وتشمل الغازات المتصاعدة من المصانع والسيارات، والمبيدات بأنواعها، وكذلك الجسيمات الدقيقة التى تنتج من مصانع الأسمنت، والأسبستوس، والكيمياويات السائلة التى تلقى فى التربة أو الماء مما يسبب أضراراً بالكائنات الحية جميعها. فمصانع الورق والحديد والصلب والأسمنت والأسمدة والألومنيوم وغيرها تسهم فى إرتفاع نسبة الأتربة الناتجة من دخان تلك المصانع ومخلفاتها. ومن الأخطار التى تهدد سكان بعض المناطق إنتشار نسبة السليكا الحرة وثانى أكسيد السيليكون، حيث تنعكس آثارها على الرئتين وتصابان بما هو معروف بمرض السلكين. كما أن إنتشار غبار الأسبستوس (Asbestic dust) يسبب مرض الأسبستية (Asbestic disease).

٣- ملوثات فيزيائية

مثل الضوضاء والتلوث الحرارى والإشعاعات بأنواعها وخاصة الإشعاعات الصادرة عن المفاعلات النووية. وتشكل المواد المشعة خطراً كبيراً على الإنسان كماً ونوعاً، فالأشعة تحطم الخلايا الحية بجسم الإنسان وتتلفها وتسبب مرض سرطان الدم أو سرطان الجلد أو سرطان العظام ، كما أنها تؤثر على الصفات الوراثية.

ثالثاً – تقسيم الملوثات من حيث قابليتها للتحلل

١- ملوثات قابلة للتحلل العضوى:

وهى تلك الملوثات التى يمكن للعوامل الطبيعية والمناخية والبيئية تفكيكها وإمتصاصها ويندرج تحتها غاز ثانى أكسيد الكربون ومركبات النترات.

٢- ملوثات غير قابلة للتحلل العضوى:

وهى تلك الملوثات التى لا يمكن تفتيتها عضوياً أو أن عملية تفتيتها تستغرق زمناً طويلاً. ومثل تلك الملوثات تظل عالقة فى الأنظمة الطبيعية وتؤدى إلى تلويثها مما يمنع أو يحد من إستخدامها بواسطة الإنسان ، ومنها المخلفات المعدنية ، مثل : المطاط والزجاج، وكذلك المخلفات الصناعية ، مثل : منتجات البلاستيك، مساحيق ومواد النظافة المنزلية والكيماويات المختلفة. وتعتبر الصناعات وخاصة التحويلية منها هى المصدر الأساسى للملوثات الغير قابلة للتحلل العضوى بفعل الأنظمة البيئية.

كذلك فإن الصناعات التحويلية من المصادر الهامة للملوثات السامة ، مثل : مركبات المعادن الثقيلة كالرصاص والزئبق والكادميوم وغيرها.

ومن المعروف أن الصناعات التحويلية لا تبعث بمخلفات قابلة للتحلل العضوى إلا أن هناك بعض الصناعات الغذائية تنتج ملوثات قابلة للتحلل العضوى، ولكن الجزء الأكبر من ملوثات الصناعات التحويلية هى ملوثات غير قابلة للتحلل مما يؤدى إلى تزايد مشاكل التلوث البيئى.

رابعا – تقسيم الملوثات حسب تأثيرها

١- *تلوث مباشر*

مما لا شك فيه أن مصادر التلوث وأنواعه عديدة وآثاره وخيمة، ومما يؤدى إلى تضخم المشكلة وتفاقمها هو أن الكمية اللازمة لإحداث التلوث ضئيلة جداً، خاصة عند تعرض الإنسان بطريقة مباشرة لمصادر التلوث دون وسيط يخفف من درجة التلوث وحدته.

ومن أمثلة التلوث المباشر :

(أ) تعرض الإنسان للإشعاعات الصادرة من جسم مشع أو أى مصدر للإشعاع كالكوارث النووية التى زادت حدتها فى الأعوام الماضية ومنها حادث الإنفجار فى مفاعل تشرنوبيل بولاية الأوكران بالإتحاد السوفيتى السابق وما تبع ذلك من تسرب للإشعاعات النووية التى أثرت بطريقة مباشرة على أولئك الناس الذين يعملون فى تلك المحطة النووية وعلى آخرين مما يسكنون أو يعملون بالقرب من هذه المنطقة.

(ب) إستنشاق هواء ملوث بغازات أو أبخرة سامة من تلك التى تبثها فى كل لحظة المصانع والمحاجر وعوادم السيارات وغيرها.

(ج) تعرض الإنسان لرذاذ متطاير من أنف أو فم مـريض مصـاب بأحـد الأمراض الفيروسية المعدية.

٢- *تلوث غير مباشر*

قد يتعرض الإنسان لمصادر التلوث بطريقة غير مباشرة من خـلال غذائه أو شرابه أو ممارسته لحياته اليومية ، ومن أمثلة ذلك :

(أ) تلوث مياه الشرب :

حيث يعتبر الثلج المحضر من مصـادر ملوثـه أو غيـر مأمونـة والمستخدم فى تبريد مياه الشرب أحد أسباب تلويث المياه. ومن أهم مصادر تلوث مياه الشرب المستحضرات الكيميائية المستعملة فى معالجـة التربـة والنباتات، كمبيدات الحشرات والأسمدة الكيميائية التى قد يتسرب جزء منها إلى مياه الشرب، أو قد تنتقل سمومها إلى الإنسان عـن طريـق منتجـات الحيوانات التى تشرب ماءً ملوثاً كالأبقار والدواجن.

ومن المصادر الخطيرة لتلوث مياه الشرب شبكات المجارى، إذ قـد تتسرب بعض محتويات شبكات المجارى، إن لم تكن معزولة بإحكـام، إلـى مياه الشرب فتلوثها.

ومن الأمراض الشائعة التى يعتبر الماء وسيطاً ممتازاً لنقلها أمراض الكوليرا والجدرى والتيفوئيد . وتعزى ٤١,٥% من وفيات الأطفال دون سن السادسة إلى أمراض تنقل عن طريق ماء الشرب الملوث.

(ب) حمامات السباحة :

تعتبر حمامات السباحة مرتعاً خصباً لجـراثيم الأمـراض الجلديـة وغيرها من الجراثيم والفيروسات التى تصيب الأنف والفم والحلـق والأذن والعين، والتى تنتقل من خلال شخص مصاب يستخدم مياه حمام السباحة أو أى مصدر آخر يؤدى إلى تلوث المياه نتيجة عدم العناية بحمـام السـباحة وتعقيمه بطريقة دورية سليمة.

(ج) الأغذية الملوثة :

قد يتلوث الغذاء بعناصر كيميائية ضارة وجدت طريقها إلى الغـذاء بسبب الإضافة المتعمدة أو بسبب معالجة الحيوانـات بالأدويـة أو بسـبب تعرضها للمواد الكيميائية التى تلوث المراعى، كما تختلط العناصر الكيميائية بالغذاء بسبب الإهمال خلال مراحل الإنتاج الغذائى. ويعتبر تلـوث التربـة ومياه الرى والمحاصيل الزراعية من أهم أسباب التلوث الغذائى.

خامساً – تقسيم الملوثات حسب حالتها

تقسم الملوثات والمواد الملوثة حسب حالتها الموجـودة عليهـا إلى ثلاثة أنواع ، هى:

١- الملوثات الصلبة

وهى تلك النفايات الموجودة على الهيئة الجامدة ، مثل : المخلفـات الناتجة عن العديد من الصناعات أو بعض أنواع المبيـدات التـى تسـتخدم

للقضاء على الآفات والحشرات الضارة أو الغبار وتلك الأتربة الناتجة عن بعض الصناعات كصناعة الأسمنت وغيرها.

٢- الملوثات السائلة

وهى تلك النفايات الموجودة على الهيئة السائلة الجارية، كمحاليل المواد الكيماوية التى تقذف بها المصانع فى المجارى المائية، ومياه المجارى بما فيها من مخلفات ومواد ضارة (شكل ٥). يضاف إلى ذلك بعض أنواع المبيدات. ويعد التلوث بالنقط ومشتقاته من أهم الملوثات المائية السائلة وأوسعها إنتشاراً. وغالباً ما يحدث التلوث بالنفط عن طريق تسرب النفط من ناقلات البترول أو غرق تلك الناقلات .

٣- الملوثات الغازية

وهى تلك النفايات التى تكون موجودة على هيئة الغاز، كالغازات الضارة المتصاعدة من مداخن المصانع أو الغازات الناتجة فى عوادم السيارات، أو الغازات الناتجة عن البراكين وغيرها.

تشكل رغبة الإنسان فى الراحة والإستجمام سبباً من أسباب التلوث. فنجد أن الإنسان طور الكثير من المواد المصنعة التى تلوث البيئة من أجل توفير وقته وجهده وماله. وببذل المزيد من الجهد يمكن التخلص من التلوث الناتج عن هذه المواد. ولكن بالنظر إلى أن الوقاية من التلوث تعد غالباً باهظة التكلفة. فإنها كثيراً ما تعد مسألة غير عملية.

ويعطى إستخدام مواد التعبئة التى ترمى مباشرة بعد إستخدامها مثالاً يوضح كيف أن رغبتنا فى الراحة تسبب وتساعد فى تلوث البيئة. ويمكن الإحتفاظ بتلك العبوات مثل علب الألومنيوم والصلب والقوارير الزجاجية والبلاستيكية وإعادة إستخدامها، أو يمكن طحنها حيث تستخدم كمادة أساسية مرة أخرى. لكن الكثير من الناس يفضلوا إلقاء هذه الأوعية مباشرة.

النفايات المشعة

تعتبر النفايات المشعة الناتجة عن استخدام المصادر المشعة عقبة اساسية امام الاستغلال الأمثل للطاقة النووية إضافة الي انها من المشكلات المعقدة حول جدوى الاستغلال الأمثل للطاقة النووية.

يعتمد مستقبل الصناعة النووية إلى حد بعيد على مدى قدرة هذا النوع من الصناعة على التحكم والسيطرة علي المخلفات والنفايات المشعة المتولدة من استخدام المصادر المشعة . ولا يخلو أي أسلوب لتوليد الطاقة من توليد نفايات يجب إيجاد الطرق الملائمة لحماية الإنسان والبيئة من أثارها السلبية، لاسيما من حيث حجم النفايات المتولدة وخطورتها المباشرة على الإنسان والبيئة ومدى اضمحلال أو تفاقم آثارها السلبية مع مرور الزمن. فعلى سبيل المثال فإن توليد ألف ميجا وات من الطاقة الكهربائية يحتاج يوميا إلى ١٠٠٠طن من الفحم الحجرى ، وينتج عن هذه العملية انطلاق ٣٠٠طن من ثانى أكسيد الكبريت وخمسة أطنان من الرماد الذى يحتوى على عناصر أخرى مثل الكلور والكادميوم والزرنيخ والزئبق

والرصاص بالإضافة إلى بعض العناصر المشعة. وفى المقابل ينـــتج عـــن توليد نفس الطاقة الكهربائية فى محطة قوى نووية ٥٠٠متر مكعـــب مـــن النفايات في العام.

مصادر النفايات المشعة

تتنوع مصادر النفايات المشعة تبعا لنوع عمليات التصنيع الناجمة عنها ومن تلك المصادر ما يلي:-

١- محطات القوي النووية.

٢- جميع عمليات ومراحل دورة الوقـــود النـــووي وانتـــاج الاســـلحة النووية .

٣- استخراج الخامات النووية ، مثل اليورانيوم والثوريوم.

٤- استخدام النظائر المشعة فى البحث العلمى وفى الصناعة والتعدين والزراعة.

٥- الطب النووى بما فيه التشخيص والعلاج وانتاج العقاقير والمصادر المشعة.

وعلى الرغم من أن جميع الأنشطة المرتبطة بالمصادر يتولد عنهـــا نفايات ، إلا أن حجم هذه الأنشطة يختلف من دولة إلى أخرى ، ففى حـــين توجد جميع الأنشطة المذكورة فى الدول الصناعية النووية ، تكـــاد لاتخلـــو دولة نامية من جميع أو معظم الأنشطة الثلاثة الأخيرة ، ويوضـــح الجـــدول (١) بعض النظائر المشعة الرئيسية التى تشكل الجانب الأكبر من النفايـــات المشعة.

جدول (١) النظائر المشعة الرئيسية التى تشكل الجانب الأكبر من النفايات المشعة.

النظيــــر	العمر النصفى (سنة)	نوع الأشعاع الصادر
سترنشيوم٩٠	٢٩	بيتا
يود ١٢٩	$١,٦×١٠^{٧}$	بيتا
سيزيوم ١٣٥	$٢×١٠^{٦}$	بيتا وجاما
سيزيوم ١٣٧	٣٠	بيتا وجاما
تكنيتيوم ٩٩	$٢×١٠^{٥}$	بيتا
ثوريوم ٢٢٩	٧٣٤٠	ألفا
ثوريوم ٢٣٠	$٧,٧×١٠^{٤}$	ألفا
نبتونيوم ٢٣٧	$٢,١×١٠^{٦}$	ألفا
بلوتونيوم ٢٣٩	٢٤٠٠٠	ألفا
بلوتونيوم ٢٤٠	٦٥٨٠	ألفا
امريسيوم ٢٤١	٤٦٠	ألفا
امريسيوم ٢٤٣	٧٣٧٠	ألفا
كيوريوم ٢٤٣	٣٢	ألفا
كيوريوم ٢٤٤	١٨	ألفا
نيكل ٥٩	$٨×١٠^{٤}$	السينية (×)
نيوبيوم ٩٤	$٢×١٠^{٤}$	بيتا وجاما
كوبلت ٦٠	٥,٣	جاما

تصنيف النفايات المشعة

ليس هناك تصنيف دولى موحد للنفايات المشعة ، حيث أن ذلك يعتمد إلى حد كبير على أنظمة كل دولة وعلى المعايير التى استخدمت كأساس لتعريف النفايات المشعة ، كما يعتمد كذلك على مدى تطور الصناعة النووية في تلك الدولة وحجم الأنشطة ونوعها.

لجأت العديد من الدول والمنظمات الدولية المعنية بالحماية من الإشعاع إلى تصنيف النفايات المشعة آخذة فى الحسبان الطرق المقترحة لحفظها ومعالجتها والتخلص منها ، وعلى ضوء ذلك فإن النفايات المشعة تصنف إلى مايلى:-

- نفايات ذات مستوى إشعاعى عال ، وهى النفايات المشعة الناتجة عن الوقود النووى المعالج أو المستنزف ، وتتميز بأنها ذات أعمار نصفية طويلة وينبغى حفظها فى مطامير دائمة.
- نفايات ذات مستوى إشعاعى متوسط ، وتنتج عن عمليات إنتاج أو استخدام بعض النظائر المشعة. وفى حين أنه يمكن تصنيف النفايات السائلة ذات المستوى الإشعاعى المتوسط اعتمادا على الأنشطة الإشعاعية للنفايات وطرق معالجتها ، إلا أن الأمر أكثر تعقيدا في حالة النفايات المشعة الصالبة ، حيث يجب الأخذ في الحسبان – إلى جانب العوامل السابقة – نوع الإشعاع الصادر والعمر النصفى للمادة وسميتها الإشعاعية ، بالإضافة إلى العوامل التى يجب مراعاتها عند الحفظ. فعلى سبيل المثال – ولأغراض التخلص من النفايات – فإن

النفايات المشعة السائلة المتوسطة المستوى هى تلك التى يزيد نشاطها الإشعاعى عن ٣,٧جيجا بيكرل فى المتر المكعب.

- نفايات ذات مستوى إشعاعى منخفض ، وتشمل جميع النفايات التى لا تدخل ضمن التصنيفين السابقين ، وتشكل الدزء الأكبر من النفايات المشعة ، حيث تصل في بعض الأحيان إلى مايزيد عن ٧٠% من إجمالى النفايات. وتنتج بشكل أساسى من استخدام النظائر والمصادر المشعة فى الطب والبحث العلمى والتطبيقات الصناعية.

أما فيما يتعلق بالنفايات المشعة الغازية فنظرا إلى أن نطاق النشاط الإشعاعى لها يكاد يكون محدودا ، وبالتالى قلة طرق معالجتها ، فإنه لا يمكن اعتماد التصنيفات السابقة الذكر فى حالة النفايات المشعة الغازية ، حيث يتم التصنيف حسب مستوى النشاط الإشعاعى الكلى لكل وحدة كجم.

إدارة النفايات المشعة وطرق التخلص منها :

إن الهدف الأساسى لأى برنامج لإدارة النفايات المشعة والتحكم فيها هو الوصول إلى الوضع الذى يضمن حماية الإنسان والبيئة من مضار تلك النفايات ، وقد يعنى ذلك – لاسيما فى بعض حالات النفايات ذات المستوى الإشعاعى المنخفض – معالجتها ثم إطلاقها فى البيئة ، حيث أن معالجتها أو حفظها أو كلاهما قد تؤدى إلى خفض مستواها الإشعاعى إلى حد يقل عن مستواها الإشعاعى الطبيعى ، يعنى ذلك أيضا الاضطرار إلى حفظ تلك النفايات لمئات أو آلاف السنين ، ويبرز ذلك جليا فى حالة النفايات ذات المستوى الإشعاعى العالى.

ولا يعنى اصطلاح "حماية الإنسان والبيئة" بالضرورة عدم اختمال وجود الخطر ، ولكن قد يعنى أن ذلك الاحتمال قابل للمواجهة والمعالجة ، أو أن الفائدة للمجتمع من تحمل وجودة تبرر بقاءة.

ويمكن التخلص من النفايات المشعة حسب مستواها الإشعاعى كمايلى:-

١- النفايات ذات المستوى العالي

هناك عدة طرق مقترحة لحفظ النفايات ذات المستوى الإشعاعى العالى ، وإضافة إلى أن الكثير منها لا يزال فى طور التجربة فهى باهظة التكاليف ، ومن هذه الطرق مايلى:-

(أ) الدفن فى مطامير دائمة فى أعماق مختلفة وفى تكوينات جيولوجية مستقرة.

(ب) تغيير التركيب الذرى من خلال قذف النفايات بجسيمات فى معجلات أو مفاعلات انشطارية أو اندماجية.

(ج) الدفن تحت الجليد فى أعماق بعيدة تحت المحيط المتجمد.

(د) الطرح فى الفضاء الخارجى.

(هـ) الدفن تحت قاع المحيطات.

ومن الجدير ذكره أن الدفن فى تكوينات جيولوجية مستقرة لا يزال هو الطريقة التى تحظى باهتمام الكثيرين فى الوقت الحاضر ، ويجب عند تبنى هذه الطريقة الأخذ فى الحسبان عوامل عديدة مثل نوع الصخور ونشاط الزلازل فى المنطقة والتكوينات المائية الموجودة فى المنطقة أو

القريب منها ، بالإضافة إلى العوامل النفسية وتقبل الرأى العام لوجود مثـــل هذه المدافن.

وللتدليل على مدى تأثير العوامل النفسية وتأثير الرأى العام فى مثل هذا المجال يجدر بالذكر هنا أنه لا يوجد فى الولايات المتحدة الأمريكية فـــى الوقت الحاضر أى مدافن دائمة للنفايات ، حيث لا تزال تحفظ بصورة مؤقتة فى ٦٠موقعا تمثل مواقع محطات للقوى النووية، ويتوقع أن يصل هذا الرقم إلى أكثر من ٤٠ألف طن فى عام ٢٠١٠م.

٢- النفايات ذات المستوى الإشعاعى المتوسط والمنخفض

ويمكن التخلص من أثرها الإشعاعى حسب حالتها سواء أكانت سائلة أم صلبة حسب مايلى:-

(أ) النفايات المشعة السائلة

تحدد عادة الجهة المختصة بالحماية من الإشـــعاع فـــى كـــل دولـــة مستوى النشاط الإشعاعى الذى يجب أن تصل إليه النفايات المشعة الســـائلة قبل السماح بإلقائها فى شبكة الصرف الصحى العامة. وتمـــر عمليـــة إدارة النفايات المشعة السائلة خلال الخطوات والمراحل التالية :-

(١) التجميع : ويعمل به فى حالة كون النفايـــات المشـــعة الســـائلة ذات مستوى إشعاعى منخفض ولكن أعلى من المسموح به مـــن الجهـــة المختصة لإلقائه فى شبكة الصرف الصحى العامة ، فإنه يتم تجميعها فى أوعية من البلاستيك ذات أحجام مختلفة ، أو أوعية زجاجية فـــى حالة وجود مواد عضوية عالقة ، ويتم بعد ذلـــك القيـــاس الـــدورى

لمستوى الإشعاع ، وعند وصوله إلى المستوى المسموح به فإنه يتم تصريف النفايات من خلال شبكة الصرف الصحى. وعندما يكون حجم النفايات كبيرا جدا يتم حفظها فى خزانات متصلة بعضها ببعض ، وعندما يمتلئ أحد الخزانات يتم تحويل النفايات إلى خزان اخر ، وتتم مراقبة المستوى الإشعاعى فى الخزانات السابقة.

(٢) *المعالجة* : فى حالة احتواء النفايات السائلة على نويدات ذات عمر نصفى طويل فإن ذلك يستدعى معالجتها قبل التخلص منها . والمعالجة الكيميائية هى الأكثر شيوعا ، وتستخدم فيها طرق مشابهة لتلك التى تستخدم فى معالجة المياه ، مثل الترسيب والتبخير والتبادل الأيونى . وتتميز هذه الطرق بكلفتها القليلة وإمكان معالجة عدد كبير من النويدات المشعة .

(ب) النفايات المشعة الصلبة

فيما يتعلق بالنفايات المشعة الصلبة فإنها تمر خلال المراحل التالية:-

(١) التجميع والفصل : حيث يتم تحديد مركز للتجميع تجلب إليه النفايات الصلبة ومن ثم يتم فرزها وتصنيفها من حيث قابليتها للاحتراق من عدمه ، ومن حيث قابليتها لانكماش الحجم ، وذلك لتسهيل المعالجة والتخلص ، كما يتم فرز تلك التى لا تزال نشطة إشعاعيا من غيرها.

(٢) المعالجة : وتشمل مايلى:-

أ - الحفظ المؤقت : وذلك فى حالة النفايات التى تشمل نويدات ذات عمر نصفى قصير والتى يمكن حفظها حتى وصول

نشاطها الإشعاعى إلى الحد المسموح به من قبل الجهة المختصة لاعتبارها مادة غير نشطة.

ب - الحرق : ويؤدى إلى تخفيض شديد فى حجم هذه المواد ، وبالتالى إلى سهولة الحفظ إلا أن ذلك لا يخفض من المحتوى الإشعاعى الكلى.

ج - الدفن : ويعد أكثر الطرق شيوعا بالنسبة للمواد الصلبة التى يصعب اعتبارها أو تحويلها إلى نفايات عادية . ويتم الدفن فى مدافن مفتوحة ، أو فى مدافن مغلقة قريبة من السطح

غاز الرادون وتأثيراته البيئية

يحظى غاز الرادون بأهعمية متزايدة فى الأوساط العلمية لما يعتقد من تأثيره على الصحة اذ أنه مصدر من مصادر الإشعاع التى يمكن أن تدخل الجسم البشرى عن طريق التنفس. وقد اهتمت به الهيئات المعنية بالبيئة إهتماما واضحا ، وصنعت اجهزة لقياسه. ووضعت الحكومات المختلفة حدودا لتركيزه في الهواء وأوصت بعدم بناء منازل فى المناطق التى يزداد تركيزه فيها.

يصنف الرادون على أنه من الغازات الخاملة (مثل الهيليوم والنيون والارجون) والتى لا تتفاعل كيميائيا ، وهو مع ذلك أكثر حركة من كثير من الغازات المعروفة ، فهو يخرج من عمق عدة أمتار من الأرض خلال

الشقوق الأرضية وينتشر فى هواء المنازل حجيث يدخل هو أو سلالته إلـــى الرئة.

الرادون وسرطان الرئة

بدأ الاهتمام بالرادون فى الثلاثينيات عندما لـــوحظ زيـــادة الإصــــابة بسرطان الرئة لدى عمال المناجم ، حيث تزداد نسبة تركيـــزه فــــى هــــواء كهوف المناجم . وفى الخمسينيات قدمت دراسات تثبت أن ســـبب الزيـــادة الملحوظة فى السرطان ليس الرادون بالدرجة الأولى بل ســـلالته ، فكـــون الغاز مشعا لجسيمات يعنى أنه يتحول إلى عنصر آخر عنـــد إطـــلاق هـــذه الجسيمات . والجسيمات المنطلقة من الرادون هى جسيمات ألفـــا الثقيلـــة الوزن نوعا ما . والعنصر الذى يتحول إليه الرادون هو بدوره عنصر مشع سطلق جسيمات أخرى ليتحول إلى عنصر آخر ، وهكذا إلى أن نصـــل فـــى نهاية المطاف إلى عنصر الرصاص غير المشـــع ، وهـــذا هـــو المقصـــود بالسلالة . وسلالة الرادون من النظائر المشعة ليست خاملة كالرادون ، بـــل تلتصق بدقائق الغبار الصغيرة العالقة فى الهواء الجوى وعند تنفس هـــذه الدقائق فإنها تدخل إلى الجهاز التنفسى ، وقد يتم إيقاف وتصـــفية الـــدقائق الأكبر حجما فى الأنف أو الجزء العلوى من الجهاز التنفسى إلا أن الـــدقائق الصغيرة تصل إلى الشعب الهوائية الدقيقة وتلتصق بالغشاء المخاطى وتبقى لفترة معينة قبل أن يطردها الجســـم ، كمـــا تصـــل بعـــض الـــدقائق إلـــى الحويصلات الهوائية فى نهاية الشعب الدقيقة لتبقى فترة طويلة فيها أو تنقل للدم . وتقذف الدقائق المترسبة في الشعب الهوائية الدقيقة وفى الحويصلات جسيمات ألفا – الثقيلة نوعا ما – التى تبدد طاقتها فى منطقـــة موضـــعية صغيرة مسببة تأينا كثيفا فى ذلك الموضع مما يؤدى إلى تلف الخلايا الحية

فى هذا الموضع أو إحداث تغيرات فى صفاتها لسلالة الرادون بحوالى ٥٠٠ضعف جرعة الرادون ذاته فى بعض الحالات.

مصادر وصفات الرادون

هناك نظائر مشعة كثيرة موجودة فى البيئة بصفة طبعية تطلق الإشعاعات بصورة مستمرة . فهناك ثلاث سلاسل اساس تبدأ كل منها بنظير معين يتحلل إلى نظائر أخرى مشعة منها الرادون وتنتهى بنظير غير مشع أى مستقر . تبدأ السلسلة الأولي بنظير اليورانيوم٢٣٨ ، والثانية بالثوريوم٢٣٢ ، والثالثة باليورانيوم٢٣٥ . ويبين الجدول سلسلتى اليورانيوم والثوريوم وهما الأكثر وفرة في الطبيعة كما يبين عمر النصف لكل نظير فيها ونوع الإشعاعات الصادرة منه٠

وتوجد عناصر السلاسل الإشعاعية الطبعية التى تنتج الرادون بصورة رئيسية فى التربة ، لذلك تعد التربة المصدر الرئيسى لغاز الرادون . ويزداد الرادون فى المناطق الصخرية خاصة فى الصخور البركانية والجرانيتية بسبب وجود كميات كبيرة نسبيا من اليورانيوم والثوريوم فيهما مقارنة بالتربة الرسوبية . لذلك يزداد تركيزة بصورة عالية فى المناجم عموما وإن لم تكن مناجم لليورانيوم . فقد وجد مثلا أن تركيزه ف مدينة واشنطن١٢ ضعف تركيزه فى الاسكا . وهناك تفاوت يومى كبير فى التركيز قد يصل إلى ١٠٠ضعف فى وقت معين عنه فى وقت آخر ، وللضغط الجوى ودرجة الحرارة أثر كبير على تركيزه ، فإذا قل الضغط الجوى عموما أدى ذلك إلى زيادة إطلاق الغاز من التربة ، ويفوق تركيز الرادون تحت سطح التربة تركيزه فى هواء الغرفة بمئات المرات ، لذلك فإنه فى حالة انخفاض الضغط داخل الغرفة بسبب سحب الهواء إلى الخارج مثلا بآلات لسحب

الهواء أو ارتفاع درجة حرارة الغرفة أعلى من الخــارج ، فــإن الــرادون يسحب من التربة بمعدل أسرع.

وينخفض تركيز الرادون بازدياد الرطوبة فى الجو أو بالمطر ، وقــد لوحظ أن أعلى تركيز له يكون فى الساعات الأولى من النهار وأقل تركيــز فى الساعات المتأخرة بعد الظهر . كما يعتمد تركيزه على نفاذيــة التربــة. فالتربة عالية النفاذية تسمح له بالخروج من الطبقــات الســفلى للأعلــى . وللتهوية أثر شديد الفاعلية فى تركيزه بل تكاد تكون العامل الأساســى فــى تخفيف تأثيره.

وتؤثر مواد البناء المستخدمة وخاصة الأسمنت والخرســانة علــى تركيز غاز الرادون داخل المنازل إذ تحتوى هذه المواد على نسب متفاوتــة من اليورانيوم٢٣٨ والثوريوم٢٣٢ وبالتالى تمثل مصدرا مستمرا للرادون . كما يوجد اليورانيوم والثوريوم فى مادة الجبس الفسفورى المستخرج مــن بقايا مصانع الفوسفات. لذلك يمكن أن يكون تركيز الرادون فــى المنــازل الشعبية المبينية من الآجر والطين أقل مما فى الأبنية الحديثة.

الرادون فى الماء

تعد بعض مصادر المياه الجوفية العذبة المستخدمة للشرب والنظافة مصدرا مهما للرادون ، حيث أن الرادون يذوب في الماء وعند مرور الماء على الصخور فإنه يسحب منه غاز الرادون . فإذا كانت الفترة الزمنية منــذ ضخ المياه من تحت الأرض وحتى إيصالها إلى المنازل قليلة يكون تركيــز الرادون فيها عاليا وخاصة الرادون٢٢٢ ذو نصف العمر٣,٨ يومــا . أمــا الرادون٢٢٠ والرادون٢١٩ فيكون مستواهما قليلا أو معدوما نظرا لصــغر

العمر النصفي لهما ، وقد ينخفض تركيز الرادون إذا خزن الماء فترة معينة تكفي لتفكيك الرادون٢٢٢. ومن ناحية أخرى قد توجد كميات صغيرة من الراديوم٢٢٦ فى المياه الجوفية والذى ينحدر منه الرادون٢٢٢. وقد وجد أن تركيز الرادون فى الماء يتفاوت من مكان إلى آخر تفاوتا يزيد على عشرات المرات ، كما انه يزداد في المياه العميقة عنه في المياه القريبة من السطح . وقد وجد كذلك أن تركيز الرادون فى الماء يرتفع فى حمامات المنازل عدة مرات عنه فى بقية الغرف إن لم تكن هناك تهوية جيدة ، ويعتقد أيضا أن لحركة المياه الجوفية دورا واضحا في زيادة نسبة الرادون داخل المناجم ، إذ تصحب المياه السارية معها هذا الغاز من مناطق بعيدة إلى جو المنجم . وفى إحدى الدراسات وجد أن ٨٥% من الرادون ناتج من التربة و١١% من الهواء خارج المنزل و٣% من مواد البناء وأقل ومن ١% من الماء . إلا أنه من المؤكد أن لا تنطبق هذه الأرقام على جميع المنازل لتغير طبيعة الأرض ومواد البناء ومصادر الماء من مكان إلى آخر . ومما يجدر ذكره أن وجود الرادون فى الماء لن ينتج عنه جرعة إشعاعية محسوسة للجهاز الهضمى ، بل يكون تأثيرة فى زيادة تركز الرادون فى الهواء وبالتالى تأثيرة على الجهاز التنفسى . ويمكن أن يكون الغاز الطبيعى المستخدم فى المنازل مصدرا من مصادر الرادون أو سلالته لكونه يؤخذ من تجاويف أرضية عميقة يتسرب إليها الرادون من الصخور المجاورة . وقد وجدت أعضاء من سلالة الرادون مترسبة على مواسير وخزانات محطات معالجة الغاز حيث قد يصحبها الغاز معه عند مروره فيها.

مستوى الإشعاع والحماية الإشعاعية

من الصعب حساب أو قياس الجرعات الإشعاعية الناتجة عن الرادون وسلالته ، وهناك نماذج حسابية مختلفة إضافة إلى نماذج علمية تجريبية لتقويم تلك الجرعات ، وترجع الصعوبة فى تقويم جرعات الرادون لعوامل ومتغيرات كثيرة مثل التوزيع الكتلى والحجمى لدقائق الغبار ، ومعامل التصاق تلك الدقائق وأحجام الدقائق التى تدخل إلى الشعب الهوائية وحجم المنطقة التى تؤثر فيها الإشعاعات وهكذا .

حفزت الجرعات العالية من الرادون الدوائر العالمية المختصة لتقديم توصيات حول تركيزات الرادون ومستوياته ، إلا أن هذه التركيزات أثارت الكثير من الجدل .

وقبل الإشارة إلى المستويات المقبولة وغير المقبولة من الرادون ينبغى توضيح بعض امور الحماية الإشعاعية ، وخاصة ما يتعلق منها بالإشعاعات الطبيعية ، فالإشعاعات الطبعية موجودة منذ وجد الإنسان والرادون جزء منها . ولقد ثبت بما لا يدع مجالا للشك أن نسبة الإصابة بالسرطان تزداد بازدياد عدد المتعرضين لها . فلو فرضنا أن هناك مدينة معينة تعدادها ١٠ ملاين نسمة تعرضت لمستوى معين من الإشعاعات (كالرادون مثلا) وأن هناك ١٠حالات سرطانية تظهر سنويا نتيجة لذلك ، فإن عدد حالات سرطانية تظهر سنويا نتيجة لذلك ، فإن عدد حالات السرطان تقل إلى النصف أى خمس حالات لو قل مستوى الإشعاعات أو قل عدد المتعرضين للنصف . إن وجود الإشعاعات لا يعنى بالضرورة الإصابة بالسرطان بل إن نسبة معينة فقط هى التى تصاب به ، وتزداد هذه النسبة بازدياد مستوى الإشعاعات أو بزيادة عدد المتعرضين . لذلك فإن مبدأ

الحماية الإشعاعية حاليا ينص على خفض الجرعات الإشعاعية إلى أقل مستوى يمكن إنجازة عمليا .

والحدود التى أوصت بها المنظمات الدولية المختلفة للعاملين فى مجال الإشعاعات والذين تقتضى مهنتهم التعرض لها هى الحدود التى تتساوى فيها مخاطر المهنة مع مخاطر المهن الأخرى . أما لعموم الجمهور من غير العاملين فى مجال الإشعاعات فتقلل الحدود إلى مستويات تقل بأكثر من عشرين مرة .

والسؤال الذى لا يختلف فى جوابه بعض المختصين هو هل نسبة الأصابة بسرطان الرئة تتناسب مع تركيز الرادون فى الجو حتى عند التركيز المنخفض؟ . وهل العلاقة بين عدد الإصابات والتركيز لأى مجموعة معينة من الأشخاص هى خط مستقيم على ورقة الخطوط البيانية ؟ . أى إذا تضاعف التركيز تضاعفت الأصابة ؟.

إن الدراسات الخاصة بتركيز الرادون فى هواء المناجم وإصابات سرطان الرئة لدى عمال المناجم تثبت أن العلاقة قريبة من أن تكون طردية . فقد جاء فى دراسات متابعة عمال المناجم لعشرات السنين مثل الدراسة التى تمت فى تشيكوسلوفاكيا وكندا والسويد أنه مهما كان تركيز الرادون قليلا فهناك احتمالات هى بدورها قليلة للإصابة بسرطان الرئة .

وقد أوصت اللجنة الدولية للحماية الإشعاعية (ICRP) وكذلك المجلس الوطنى للحماية من غاز الرادون.

الحدود الإشعاعية للرادون فى المنازل

أوصت اللجنة الدولية للحماية الإشعاعية بأن الجرعة الإشعاعية لعموم الجمهور واحد ملى سيفرت فى السنة وهو ما اتخذته معظم دول أوربا وهو ما يعادل ٤٠٠بيكرل فى المتر المكعب من الهواء . وقد اتخذت كثير من دول أوربا مستوى ١٠٠بيكرل للمتر المكعب كمستوى يسمح فيه ببناء المساكن الجديدة . ومع ذلك فهناك حوالى عشرين ألف منزل فى إنجلترا يزيد المستوى فيها عن الحد الأقصى . وهناك أرقام مشابهة فى الدول الأخرى . أما بعض الدول الأوربية مثل فنلندا فقد اتخذت ٨٠٠بيكرل فى المتر المكعب حدا أقصى فى المنازل القديمة و ٢٠٠بيكرل للمنازل الجديدة ، ومع ذلك هناك حوالى ١,٤% من المنازل زاد تركيز الرادون فيها عن ٨٠٠بيكرل فى المتر المكعب . أما الولايات المتحدة فقد اتخذت ١٥٠بيكرل فى المتر المكعب (٤ بيكوكورى / لتر) كحد أقصى ويعتقد أن ٢٠% من المنازل تزيد على هذه النسبة . وهناك عدد لا بأس به يصل فيه المستوى عشرات أضعاف هذا المستوى بل مئات الأضعاف . ويعتقد حدوث ما بين ٥٠٠٠ و ١٠٠٠٠ حالة وفاة فى السنة من سرطان الرئة بسبب الرادون فى الولايات المتحدة ، وهى وحدها تمثل ٦-١٢% من جميع حالات الوفاة بالسرطان . ومما يجب ذكره هنا أن هناك حد آخر لمستوى الرادون فى الهواء يسمى " مستوى العمل " (WL) اتخذ أصلا لعمال المناجم ويعادل ٣٧٠٠بيكرل / متر مكعب (١٠٠ بيكوكورى / لتر) .

وبالرغم من أن الحد الأعلى فى الولايات المتحدة أقل منه فى أوربا إلا أنه كان مثارا للجدل الواسع إذ يقول المنتقدون أن هذا الحد يعطى نسبة خطورة أعلى بحوالى مائة ضعف من نسبة الخطورة التى وضعتها لجنة

التنظيمات النووية الدولية الأمريكية للإشعاع الناتج عن الطاقـة النوويـة . ويعتقد أن نسبة السرطان من الرادون هو ٥٠٠ ضعف ذلك النـاتج عـن الطاقة النووية . وفى حين تشدد اللجنة على إنفاق المبالغ لحمايـة البيئـة وإنقاذ الأرواح البشرية من خطر الإشعاعات من الطاقة النووية فإنها أكثـر تساهلا مع الرادون . وتبين الدراسات فى الولايـات المتحـدة أن التعـرض بصورة مستمرة إلى ٤ مستويات عمل فى السنة يـؤدى إلـى مـوت ١٣٠ شخص نتيجة سرطان الرئة لكل ألف شخص ، بينما جاءت الدراسـات فـى السويد بأنه تحدث حالة سرطان واحدة من كل ٣٠٠ شخص نتيجة لزيـادة تركيز الرادون بمقدار حوالى ٣٧ بيكرل فى المتر المكعب (١ بيكوكـورى / لتر) .

قياس الرادون فى الهواء

نظرا لأن الإشعاعات الصادرة من الرادون وأعضـاء سـلالته هـى جسيمات ألفا وبيتا وإشعاعات جاما لذا فإنه من حيث المبدأ يمكن اسـتخدام أى كاشف لهذه الجسيمات للكشف عن الرادون إذا وجـد بتركيـز مناسـب للكاشف . إلا أنه فى الحالات التى تشمل فيهـا القياسـات منـاطق كثيـرة ومتعددة كالمنازل مثلا فيجب أن يكون الكاشف قليل الكلفة وسهل الاستعمال وقابل للنقل بسهولة .

الباب الرابع

تلوث الهـــــــواء

الهـــــواء

يمثل الهواء – في الكون – دعامة مهمة من دعائم الحياة، بل بدونه تستحيل الحياة على الإطلاق.

ويعد الهواء من أهم العناصر المكونة للبيئة، وعلى الرغم من أنـه أوفرها وأرخصها إلا أنه أثمنها وأغلاها. فهو أساس الحياة الذى لا يمكن أن تستغنى عنه جميع الكائنات الحية، وفى مقدمتها الإنسان. فبينما نستطيع أن نستغنى عن الماء لعدة أيام، وعن الغذاء لعـدة أسـابيع، فإنـه لا يمكننـا الإستغناء عن الهواء.. ولو لدقائق معدودات.

والهواء لا يرى بالعين، ولكن يمكن الإحساس بـه، فـنحن نشـعر بحقيقة وجوده عند إهتزاز أغصان الأشجار، وإرتفاع أمواج البحر، وسـير السفن الشراعية، وما شابه ذلك من ظواهر طبيعية مختلفة.

مكونات الهواء

قديماً، وحتى الربع الأخير من القرن الثامن عشر الميلادى، كـان الهواء يعدّ أحد العناصر الأربعة المكون للكون، وهى : الماء والتراب والنار والهواء. وحتى ذلك التاريخ كان الهواء يعدّ عنصراً مستقلاً بذاته، ولـيس مزيجاً من غازات مختلفة كما نعرفه اليوم. ومن الأسباب التى أدت إلى تأخر إكتشاف حقيقة الهواء ومكوناته، أن الغازات المكونة له جميعهـا عديمـة الرائحة واللون. ولذا، يصعب تمييز الواحد منها عن الآخر.

وفى عام ١٧٧٥م، أثبت العالم الفرنسى "لافوازييـــه" (La voisier) أن الهواء يتكون من أكثر من غاز، وأن أحد الغازات المكونة للهـــواء هـــو غاز الأكسجين.

وقد دلت التجارب على أن الهواء الجوى خليط معقد من عدة عناصر وغازات، يمكن تقسيمها إلى ثلاثة أقسام، وهى :

القسم الأول : غازات تظل في الحالة الغازية تحت أى ظروف جوية.

القسم الثانى : بخار الماء، وهو متغير، فقد يتحول من الحالة الغازية إلـــى السيولة أو الصلابة.

القسم الثالث : بعض الأجسام الصلبة، مثل: ذرات الغبار والسناج، وغيرها.

والغازات التى يتكون فيها الهواء الجوى هى مـــزيج مـــن غـــازات النيتروجين والأكسجين وثانى أكسيد الكربون وبخار الماء، وبعض الغـــازات النادرة وأهمها: الأرجون، ويوضح الجدول (١) التركيب الكمى لما نســـميه بالهواء النظيف الجاف. وقد استثنينا من الجدول نسبة بخار الماء، والـــذى يوجد في الهواء الجوى بنسب تختلف حسب الموقع الجغرافـــى، وذلـــك لأن بخار الماء ليس له تكوين موحد على سطح الأرض.

وتختلف كمياته من مكان لآخر، ومن وقت لآخر معتمدة على درجة الحرارة، ونسبة الرطوبة، ومعدل التبخير من المصادر الطبيعية. وبصفة عامة، فـــإن كمية بخار الماء في الجو تتراوح ما بين (0.01%) إلى (5%). وغالباً ما تكون ما بين (1%) إلى (3%).

جدول (١): التركيب الكمى للهواء النظيف

م	المكون	الرمز الكيميائي	التركيز (%)	الكتلة الكلية (مليون طن)
1	نيتروجين	N_2	78.90	4.220.000.000
2	أكسجين	O_2	20.95	1.290.000.000
3	أرجون	Ar	0.93	72.000000
4	ثاني أكسيد الكربون	CO_2	0.032	2.700000
5	نيون	Ne	0.0018	10.000
6	هيليوم	He	0.00052	4.000
7	ميثان	CH_4	0.00015	4.600
8	كريتون	Kr	0.00010	16.200
9	هيدروجين	H_2	0.00005	190.00
10	أكسيد النيتروز	N_2O	0.00002	1.700
11	أول أكسيد الكربون	CO	0.00001	540.00
12	زينون	Xe	0.000008	2.010
13	أوزون	O_3	0.000002	190.00
14	أمونيا (نوشادر)	NH_3	0.0000006	21.00
15	ثاني أكسيد النيتروجين	NO_2	0.0000001	9.00
16	أكسيد النيتروجين	NO	0.00000006	3.00
17	ثاني أكسيد الكبريت	SO_2	0.00000002	2.00
18	كبريتيد الهيدروجين	H_2S	0.00000002	1.00

وبإمعان النظر في الجدول (١) ، فإننا نجد أن النيتروجين والأكسجين هما الغازات الأكثر شيوعاً وانتشاراً في الجو. وهمـا يكونـان معـاً نحـو (٩٩%) من حجم خليط الغازات الموجودة فـي الهـواء الجـوى. كمـا أن الغازات الأربع :

الأكسجين والنيتروجين والأرجون وثانى أكسيد الكربون، فإنها تكـون مجتمعة نحو (99.99%) من حجم ذلك الخليط. وفى الحقيقة، فإن النسـبة الضئيلة الباقية تشتمل على أنواع عديدة من الغازات، والتى – غالباً – مـا يكون مصدرها عوامل طبيعية.

فمثلاً، نجد أن غازات، مثل : كبريتيد الهيدروجين (H_2S)، وثانى أكسيد الكبريت (SO_2) ، وأول أكسيد الكربون (CO)، تأتى إلى الجو نتيجة النشاطات البركانية. في حين أن غازات، مثل الميثان (CH_4)، والنوشادر (NH_3)، تنتج من التحلل اللاهوائى للنباتات والحيوانات. كما نجد أن أكاسيد النيتروجين المختلفة (NO_2, NO, N_2O) تنتج من تأثير التفريغ الكهربى الذى يحدث في أثناء البرق. كذلك، تنتج الحرائق التى تحدث في الغابات أطنانا عديدة من غاز (CO_2) في كل عام. ومما تجدر الإشارة إليه، أن بعض تلك الغازات تعتبر سامة، مثل النوشادر والميثان وأول أكسيد الكربون وأكسيد النيتروز.

وبالإضافة إلى الغازات السابقة، فقد يحتوى الغلاف الجوى على كميات ضئيلة جداً من بعض الغازات الأخرى. فهو قد يحتوى على بعض الغازات الخاملة، مثل: الهيليوم والزينون والنيون.

ويختلط بالهواء كذلك كثير من الشوائب الأخرى غير الغازية، إلا أن هذا يكون دائماً على إرتفاعات محدودة من سطح الأرض.

فقد يحتوى الغلاف الجوى على بعض حبوب اللقاح النباتية والتى قد توجد أحياناً على إرتفاع يبلغ حوالى ستة أميال من سطح الأرض. كذلك، قد يحتوى على بعض ذرات التراب التى تحملها الرياح من تربة الأرض أو مما تنفثه البراكين. وهناك أيضاً ذرات الفحم الدقيقة والتى توجد عالقة في الهواء، وخاصة حول المناطق الصناعية. كذلك توجد أنواع من البكتيريا التى تسبح في الهواء. بالإضافة، إلى ذرات الملح التى تتطاير مع بخار الماء من سطوح الأرض.

وبخلاف مما سبق، فهناك ما يسمى بـ "تراب النجوم" الذى يأتى من الفضاء الخارجي ، وتقـــدر كميـــة هـــذا التـــراب التـــى تدخــــل غلافنا الجوى بحوالي (2000) طن كل يوم.

هواء المدن الصناعية

يتميز الهواء الجوى بتركيبته الثابتة، غير أن الهواء الموجود فـــوق المدن الصناعية أو المناطق التى تكثر فيها المصانع، يحتوى على كثير من المكونات الإضافية التى تنتج من احتراق أنواع الوقود المختلفة في محطات التوليد والمصانع والآلات والسيارات. وعندما يحرق الوقود الحفرى، مثـــل: الفحم أو البترول أو الغاز الطبيعى، فإن النواتج الرئيسية هى: غـــاز ثـــانى أكسيد الكربون (CO_2)، والماء (H_2O).

ولا يعدّ غاز ثاني أكسيد الكربون أو الماء سامين، ولكـــن اســـتمرار تزايد كمياتهما قد يؤدى إلى إحداث آثار خطيرة على المناخ. فثانى أكســـيد الكربون في الجو قادر على أن يعمل كالزجاج في البيت الدافئ، الذى يمـــرر أشعة الشمس ولا يسمح بمرور الأشعة تحت الحمراء، ففى البيت الزجـــاجى الدافئ، تمتص النباتات أشعة الشمس المارة عبر الزجاج، ثم تعيـــد إطـــلاق جزء مما امتصته كأشعة تحت حمراء لا تقدر على النفاذ إلى الخارج.

لذلك، فهذه الأشعة المحتجزة ترفع درجـــة الحـــرارة داخـــل البيـــت الزجاجى عن محيطه. ونفس الظاهرة تفسر ارتفاع درجة الحـــرارة داخـــل السيارة إذا كانت مغلقة النوافذ والأبواب ومعرضة لأشعة الشمس الساطعة. كذلك، فإن غاز ثانى أكسيد الكربون ينقل الضوء المرئى في نفـــس الوقـــت الذى يحجز فيه الضوء تحت الأحمر.

وعلى ذلك، فإن زيادة تركيز غاز ثانى أكسيد الكربون في الجو قد يتسبب في إحداث ما يسمى "أثر البيت الزجاجى"، مما يؤدى إلى إرتفاع متوسط درجة الحرارة على سطح الأرض. وإذا حدث ذلك، فقد ينصهر الجليد عند القطبين وعلى قمم الجبال، مما يؤدى إلى إرتفاع مستوى المحيطات والبحار لتفيض على مساحات واسعة من القارات، مسببة فيضانات ضخمة وعاتية، يمكن أن تدمر كل شئ على سطح الأرض.

كذلك، فإن درجات الحرارة الأعلى، ستؤثر – حتماً – على أنماط الترسيب، ومعدلات سقوط الأمطار، والأحوال المناخية، بشكل عام.

ورغم أن ظاهرة البيت الزجاجى قد تصبح على المدى البعيد أكثر نتائج التصنيع ضرراً، إلا أن هناك خطراً أقرب يتمثل في النواتج الجانبية لعملية الاحتراق. فالوقود الحفرى، الذى يستخدم في الأغراض المختلفة، ليس كله كربوناً نقياً أو هيدروكربونياً نقياً، وإنما توجد به كميات لا بأس بها من الكبريت، الذى يكوّن عند إحتراق الوقود غازات (SO_X)، التى تشمل غازى : SO_2 ، SO_3 ، وهما مادتان مؤذيتان، يمكن أن تسببا ضرراً بالغاً على الأغشية المخاطية في المجارى التنفسية.

وكما هو معروف، فإنه عند الظروف الفعلية، يحترق الوقود إحتراقاً غير كاملاً ، حيث تتكون حبيبات من الكربون (العنصرى)، وغاز أول أكسيد الكربون CO، وتتبقى كمية من الوقود دون إحتراق. وتحمل الغازات الساخنة السناج والوقود (غير المحترق) إلى الجو. كما أن حرق الفحم يؤدى إلى تكوين كميات كبيرة من البقايا غير العضوية، التى تسمى "رماداً"، حيث يحمل هذا الرماد إلى الجو كغبار شديد القلوية.

وفى الأحوال الجوية العادية، يعدّ غاز النيتروجين خاملاً ولا يتحد مع الأكسجين. لكن، عند درجات الحرارة التى تسود لدى حرق الوقود، وبخاصة في آلات الإحتراق الداخلى في السيارات، يتحول النيتروجين الجـــوى (N_2) إلى أكاسيد، أبرزها أكسيد النيتريك (NO)، الذى يتحول بسهولة إلى ثـــانى أكسيد النيتروجين (NO_2)، طبقاً لما يأتى :

$$N_{2\,(9)} + O_{2\,(9)} \xrightarrow{\text{حرارة}} 2NO_{(9)}$$

$$NO_{(9)} + \frac{1}{2}\,O_{2\,(9)} \xrightarrow{\text{حرارة}} NO_{2(9)}$$

وفى الحقيقة، فـــإن وجـــود الغـــازات:CO, SO_2, SO_3 أو NO_2، وحبيبات السناج بكميات قليلة فى الهواء الجوى، فإنها لا تمثـــل أى خطـــر على الصحة أو البيئة بوجه عام. ويرجع ذلك إلى أن عمليات الإنتشار فـــى الجو قادرة على توزيعها بما يجعل نسبة وجودها فى حدود التراكيز الآمنة، مما يقلل ويكفى تأثيراتها الضارة على البيئة.

إلا أنه إذا أطلقت كميات كبيرة من هذه الغازات، تبلغ مئات أو آلاف الأطنان منها، فى منطقة ما، وفى خلال وقت (فترة) زمنية قصـــيرة، فـــإن الظروف الجوية وعمليات الإنتشار وإعادة التوزيع الطبيعية تصبح عـــاجزة عن مواجهة هذه الكميات، وعاجزة عن إعادة توزيعها، مما يؤدى إلى زيادة تركيزها، وحدوث آثارها الضارة والخطيرة على الإنسان والحيوان والنبات، بل وعلى كل عناصر البيئة.

تعريف تلوث الهواء

يعرف تلوث الهواء بأنه : "إدخال مباشر أو غير مباشر لأيـــة مـــادة إلى الغلاف الجوى بالكمية التى تؤثر على نوعية الغلاف الجوى وتركيبتـــه، بحيث ينجم عن ذلك آثار ضارة على الإنسان والبيئة والمـــوارد الطبيعيـــة، وعلى إمكان الانتفاع من البيئة وعناصرها بوجه عام".

مصادر تلوث الهواء الجوى

يمكن تقسيم مصادر تلوث الهواء الجوى إلـــى قســـمين رئيســـيين، وهما: المصادر الطبيعية والمصادر البشرية.

أولاً : المصادر الطبيعية

نقصد بالمصادر الطبيعية تلك العوامل التى تحـــدث نتيجـــة ظـــواهر ونشاطات الطبيعة دون أن يكون للإنسان أو نشاطاته أو تقنياته المختلفة أى دور فى حدوثها، حيث تبث تلك الظواهر الطبيعية إلى الهواء الجوى بكميات – غير قليلة – من الأدخنة والأبخرة والغازات والجسيمات الدقيقة.

ومن أمثلة العوامـــل الطبيعيـــة: الـــزلازل، والبـــراكين، والريـــاح، والأعاصير، وحرائق الغابات.

أ – الزلازل :

الزلزال هو إهتزاز القشرة الأرضية فى مكان ما من ســـطح الأرض. وتتفاوت شدة الزلزال حسب قوة الإهتزاز وطبيعة القشـــرة الأرضـــية فـــى منطقة حدوث الزلزال. ويتعرض سطح الأرض بما عليه في تلك المناطق إلى تموجات تسبب إنهيار المنازل والجسور وتشقق الطرقات. كما تنفجر خطوط

المياه والنفط والصرف الصحى. وتتقطع أسلاك الكهرباء والهاتف، وتنـدلع الحرائق. وينتج عن ذلك إنبعاث كميات هائلة من الأتربـة والغـازات إلـى الهواء الجوى، مما يتسبب فى تلوثه.

ب- البراكين :

يعرف البركان بأنه خروج الصخور المنصهرة (الصهير) من بـاطن الأرض إلى سطحها نتيجة وجود شقوق وشروخ بها فـى منطقـة حـدوث البركان. ويرتفع صهير فى الجو لمسافات مرتفعة، وهو ذات درجة حـرارة عالية، ويكون فى الحالة السائلة، حيث يجرى الصهير على سـطح الأرض، ويتجمد كلما إنخفضت درجة حرارته مكوناً صخوراً وتلالاً فى المناطق التى برد عندها.

وتمثل البراكين كارثة أرضية، وبخاصة عند حدوثها بـالقرب مـن الأراضى الزراعية، حيث يؤدى إندفاع صهير البركان (المجمـا Magma) إلى سطح الأرض إلى دفن الأراضى الزراعية وتغطيتها بأكوام من الصخور البركانية.

وتحتوى "المجما" على كميات مختلفة من الغازات المنحلـة، التـى تكون محتجزة فى الصخر المنصهر الداخلى بالضغط المحكم، حيث تلعب هذه الغازات – عند إنطلاقها – دوراً كبيراً فى تلويث الهواء الجوى.

ويعدّ الماء هو المادة الرئيسية الطيارة فى "المجما"، وهو يتسرب من المادة البركانية على شكل بخار ماء، كما أن غاز ثـانى أكسـيد الكربـون (CO_2)، غاز كربونى شائع ومعروف جداً فى الإنفجارات البركانية، وكـذلك غاز النيتروجين (N_2). وتحتوى "المجما" أيضاً على بعض مركبات الكبريت،

مثل : كبريتيد الهيدروجين (H_2S) وأكاسيد الكبريت الأخرى، والتى يستدل عليها برائحتها الكريهة. بالإضافة إلى ذلك، فإن كميات قليلة من غازات أخرى تنطلق، مثل : أول أكسيد الكربون (CO)، والهيدروجين (H_2)، والنوشادر (NH_3)، والميثان (CH_4)، وغيرها.

ويوضح الجدول (٢) التوزيع العام للغازات الموجودة بـ (المجما) عند إنفجار البركان.

جدول(٢) نسبة الغازات الموجودة فى المجما

م	الغاز	رمزه	نسبته المئوية
1	بخار الماء	H_2O	70.75
2	ثانى أكسيد الكربون	CO_2	14.07
3	الهيدروجين	H_2	0.33
4	النيتروجين	N_2	5.45
5	أرجون	Ar	0.18
6	ثانى أكسيد الكبريت	SO_2	6.40
7	ثالث أكسيد الكبريت	SO_3	0.10
8	الكلور	Cl_2	0.05

وبالإضافة إلى الغازات المنبعثة فى أثناء الإنفجار البركانى، تنطلق أيضاً كميات ضخمة من الفتاتات البركانية الصلبة – وبخاصة الغبار الناعم – تقدر بآلاف الأطنان، والتى تقذف فى الجو لمساحات تبلغ عشرات الكيلومترات، حيث تصل إلى طبقة "الستراتوسفير"، لتبقى فى الجو عدة أشهر مؤثرة بذلك على كمية الأشعة الشمسية العابرة من خلاله، وبالتالى

على درجة حرارة سطح الأرض. هذا إلى جانب الآثار الحيوية المباشرة للغازات ومركباتها المختلفة.

وهكذا، يمكن حصر الدور الذى تسهم به البراكين فى تلويث الهواء الجوى، على النحو التالى :

١ - الغازات الناتجة عن البراكين ومركباتها المختلفة.

٢- الفتاتات الصخرية الناعمة والخشنة، والغبار.

٣- الحرارة العالية لتلك المقذوفات البركانية، سواء الصلبة منها أو الغازية، والتى تسبب حدوث التلوث الحرارى للجو.

جـ- الرياح والأعاصير والعواصف :

تنشأ الأعاصير نتيجة إلتفاف الهواء البارد حول الهواء الساخن مكوناً الإنخفاض الجوى (الإعصار)، حيث تدفعه الرياح العكسية من الغرب إلى الشرق، ويتحرك الإعصار بسرعة تتراوح ما بين (45) إلى (60) كيلومتراً فى الساعة.

وتتسبب الرياح والعواصف الترابية فى إندلاع الحرائق فى أماكن متفرقة، مما يتسبب فى إنبعاث كميات من الأتربة والدخان والجسيمات الدقيقة إلى الهواء الجوى.

ونذكر هنا العاصفة الترابية التى إجتاحت مدينة القاهرة من الغرب فى اليوم الثانى من شهر فبراير عام ١٩٨٨، فى أعقاب مرور منخفض جوى شديد العمق. فقد حملت هذه العاصفة كمية هائلة من الرمال والأتربة المثارة من الصحراء، مما أدى إلى حجب الرؤية فى منطقة الأهرامات الواقعة على أطراف مدينة الجيزة.

د – الحرائق الطبيعية فى الغابات :

تمثل الحرائق الطبيعية التى تحدث فى كثير من الغابـات – بسـبب إرتفاع درجات الحرارة والجفاف – أحد العوامل الطبيعية التى تـؤدى إلـى تدهور البيئة النباتية، والقضاء على الكساء النباتى. وتؤدى هذه الحرائـق إلى القضاء على مظاهر الحياة بتلك الغابات. كما تؤدى إلى إختفاء أنـواع من الحيوانات والطيور من تلك التى كانت تعيش فى هذه الغابات.

ثانياً : المصادر البشرية

وهى تشمل جميع المصادر الصناعية أو تلك التى تنـتج نشـاطات الإنسان وتجاربه المختلفة فـى مجـالات الأبحـاث، وحضـارته وتقنياتـه المختلفة.

وسوف نتناول بالتفصيل أهم المصادر البشرية التى تؤدى إلى حدوث تلوث الهواء الجوى، وهى :

١ – قطاع النقل والمواصلات ويشمل :

- المركبات المزودة بمحركات البنزين.
- المركبات المزودة بمحركات الديزل.

ويعد قطاع المواصلات، وبخاصة السيارات والشاحنات، من أهم مصادر التلوث فى الوقت الحاضر، ويرجع ذلك لسببين، وهما :

١ – الأضرار الصحية الخطيرة الناشئة عن نواتج إحتراق وقود تلـك المركبات.

٢- تركيز الملوثات الناتجة عن تلك المركبات وزيادة نسـبتها فـى أجواء المدن.

٢- *قطاع الصناعة والإنتاج :*

تعدّ الصناعة وخطوط الإنتاج هى أهم مصدر للجسيمات (الهباء)، كما أنها المصدر الثانى لأكاسيد الكبريت (SO_X).

وتولد المصادر الصناعةي مجموعة من المواد الملوثة تتوقف على الأساليب المستخدمة والآلات المستحدثة. وأهم تلك المواد الملوثة المنبعثة :

- أول أكسيد الكربون (CO).
- الجسيمات.
- أكاسيد النيتروجين (NO_X).
- الهيدروكربونات.
- ثانى أكسيد الكبريت (SO2).

٣- *التفجيرات النووية :*

إن الممارسات الخطيرة التى تنتهجها بعض الدول المتقدمة فى مجال بحوث تطوير إستخدامات إندماج الذرة وإنشـطارها، تعـدّ مـن المصـادر الرئيسية لتلوث الهواء الجوى. وتشكل تجارب التفجيرات النووية والأسلحة الذرية مصدراً مهماً من مصادر الإشعاع الذرى.

ولقد شهدت السنوات الأخيرة، تزايد إنتشار المواد المشعة فى الجـو بصورة كبيرة لم تكن معروفة من قبل، وأصبحت تشكل خطراً على الصـحة العامة.

٤- *الأسلحة الكيميائية :*

إتجهت بعض الدول الكبرى إلى إدخال السلاح الكيماوى كأحد الأسلحة الحديثة التى تزود بها جيوشها. وأقدمت هذه الدول على إستخدام الأسلحة الكيميائية وذلك فى أثناء حروبها أو معاركها مع دول أخرى، أو لتصفية بعض المتمردين على نظامها.

ومن أنواع تلك الأسحلة الكيميائية :

- غازات الأعصاب ، كالزارين
- الغازات الكاوية مثل ، الخردل (غاز حارق)
- غازات الدم ، مثل : حمض الهيدروسيانيك
- الغازات الخانقة ، مثل : الفوسجين
- الغازات المقيئة ، مثل : الأدمسيت
- الغازات المسيلة للدموع ، مثل : الكلوروسيتومنيتون
- غازات الهلوسة .

وهذه الغازات قاتلة أو تعمل على شل القدرة. وتستمر هذه الغازات فى الجو لمدة زمنية معينة. فغازات الأعصاب تستمر من (12) ساعة إلى عدة أيام. والغازات الأخرى تبقى من عدة دقائق إلى بضع ساعات.

كذلك، فإن أبخرة غاز سيانيد الهيدروجين سامة جداً، ولها تأثيرات مباشرة على أنزيمات التنفس بالذات، مما يؤدى إلى موت الخلية فى النهاية. وتعدّ هذه الأبخرة السامة متلفة للجهاز التنفسى.

السلوكيات الخاطئة :

مما لا شك فيه، أن الكثير من الممارسات والسلوكيات الخاطئة الصادرة عن العديد من الأشخاص تؤدى إلى تلوث الهواء بالدرجة التى تسبب الأذى والضرر للإنسان نفسه وللكائنات الحية التى تشاركه الحياة على سطح هذه الأرض.

ومن أهم السلوكيات والممارسات الخاطئة الصادرة عن الإنسان ونشاطاته، والتى تسبب تلوث الهواء:

- التلوث الناتج عن حرق المخلفات والقمامة
- التلوث الناتج عن تدخين التبغ
- تلوث الهواء الناجم عن ملطفات الجو والمعطرات والمبيدات الحشرية المنزلية
- الإستخدام الخاطىء للمخلفات
- تلوث الهواء الناجم عن استخدام وسائل التدفئة

تصنيف الملوثات طبقاً لحالتها الفيزيائية

تقسم الملوثات الهوائية طبقاً لخواصها الفيزيائية إلى ملوثات صلبة وسائلة وغازية.

وسوف نتناول هذه الأقسام بشئ من التفصيل:

أولاً – الملوثات السائلة والغازية

وتشمل عديد من المركبات التى تختلط بمكونات الهواء. وتختلف هذه الملوثات فى تركيزها ونوعيتها وتركيبها الكيميائى بإختلاف مصادرها.

وتقدر ملوثات الهواء الغازية بنحو (90%) من مجموع الملوثــات التى تقذف إلى الهواء الجوى. وأهم هذه الملوثات:

1 - أول أكسيد الكربون (CO)

يوجد غاز أول أكسيد الكربون (CO) فى الهــواء الجــوى بنسـبة (0.00001) حجماً. وهى نسبة صغيرة وضئيلة جداً بمقارنتها بنسب وجود الغازات الأخرى، مثل : الأكسجين والنيتروجين.

وتعدّ عمليات الإحتراق هى المصدر الرئيسى لغاز (CO) المتســرب إلى الهواء الجوى، وفيها يتأكسد الكربون جزئياً إلى أول أكسيد الكربون بدلاً من الأكسدة الكاملة إلى ثانى أكسيد الكربون (CO_2).

وتقدر كمية الغاز التى تنطلق إلى الجــو بســبب إســتعمال وســائل المواصلات المختلفة بحوالى (75%) من كميــة الغــاز المنطلقــة بســبب النشاطات البشرية. كما تسهم حرائق الغابات والمزارع ومخلفــات الفحــم بنسبة (11.5%). كذلك، تسهم عمليات التخلص من النقايات الصلبة عــن طريق الحرق بحوالى (5%). بينما تسهم عمليات توليد الكهرباء (من حرق الفحم والبترول والغاز) بنسبة ضئيلة نسبياً تصل إلى حوالى (0.5%).

ويوضح الجدول (٣) المصادر المختلفة لغاز أول أكســيد الكربــون ونسبة كل منها.

وعلى الرغم من الكميات الهائلة لأول أكسيد الكربون التى تنطلق إلى الهواء الجوى فى كل عام، إلا أن التركيز العام للغاز فوق سطح الأرض يكاد يكون ثابتاً. ويرجع ثبات تركيز غاز (CO) فى الجو إلى أن هناك أنواعاً

جدول (٣) : مصادر غاز أول أكسيد الكربون (CO) فى الهواء الجوى

م	المصدر	نسبة غاز (CO) المنسابة فى الجو (%)
١	تأكسد غاز الميثان	77.6
٢	نمو وتحلل الكلوروفيل	2.6
٣	الطحالب والأحياء الأخرى	3.9
٤	مصادر طبيعية مختلفة	6.5
٥	النشاطات البشرية	9.4

عديدة من التربة لها القدرة على إمتصاص الغاز من الجو. وعملية الإمتصاص هى عملية بيولوجية فى طبيعتها، والعامل النشط لهذه العملية هو (14) نوعاً من الفطريات. وتبلغ سعة إمتصاص هذه التربة للغاز حوالى ثلاثة أضعاف الكمية التى تدخل إلى الجو سنوياً. وعلى الرغم من ذلك، فإن تركيز الغاز لا يتناقص بسبب هذه النوعية من التربة. ويرجع ذلك إلى أن إنتشار هذه الأنواع من التربة ليس منتظماً على سطح الأرض، كما أن الأماكن التى تنتج الغاز بكميات كبيرة تفتقر إلى هذه النوعية من التربة.

ولقد تم تتبع أول أكسيد الكربون لبضع سنوات فى الأماكن المأهولة، وأوضحت البيانات أنا لمتوسط على جانب الطرق فى شوارع خمس مدن كبرى خلال ثلاث سنوات (1964-1966) بلغ (7.3) جم/ م، كان الحد الأدنى (6.7) جم/م، والحد الأعلى (7.9) جم/م، بينما وصل التركيز – فى بعض الحالات – إلى (100) جم/م، وخاصة بجوار مناطق حركة المرور الثقيلة فى الأماكن المحصورة.

ويظهر إرتباط تركيز غاز (CO) بحركة المرور فى دراسة تمت فى مدينة نيويورك فى عام (1967). ففى موقع بأحد شوارع ظل مستوى الغاز من التاسعة صباحاً حتى السابعة مساءاً عند (15) جم/م. ولكنه بين الساعة الواحدة والثانية صباحاً، إنخفض المستوى إلى (2.1) حم/م.

الآثار السلبية لغاز CO

أ - على الإنسان

يتحد غاز (CO) مع مادة الهيموجلوبين المتواجدة فى خلايا الدم الحمراء بدرجة أعلى بكثير من قابلية إتحاد هذه المادة مع غاز الأكسجين (قابلية إتحاد الهيموجلوبين بغاز CO تفوق إتحادها بغاز الأكسجين بحوالى 300 مرة). ويؤدى ذلك إلى منع توصيل الأكسجين بالكميات اللازمة والضرورية من خلال مادة الهيموجلوبين إلى أنسجة الجسم وخلايا المخ.

ولهذا، فإن وجود غاز (CO) فى الهواء بنسبة صغيرة يؤدى إلى شعور الإنسان بالصداع والإرهاق وإنخفاض القدرة الذهنية. وفى حالة زيادة نسبة (CO) فى الهواء الجوى إلى حوالى (3500) جزء فى المليون (0.35%)، فإن ذلك يؤدى إلى الإختناق.

ويوضح الجدول(٤) التأثير الصحى لكمية (CO) فى هيموجلوبين الدم.

جدول (٤) التأثير الصحى لكمية (CO) فى الدم

م	نسبة (CO) فى الدم	التأثير الصحى
١	أقل من (0.1%)	١- لا شـــــــئ
٢	أقل من (0.1-2%)	بعض التأثيرات السلوكية
٣	أقل من (2-5 %)	- تأثيرات على الجهاز العصبى
		- إضعاف فى حدة الرؤية وفى حدة الوضوح
٤	أقل من (5-10%)	تغيرات فى وظائف القلب والرئتين
٥	أقل من (10-80%)	صداع - تعب - خمول ونعاس - غيبوبة
٦	أقل من (90%)	عطل فى التنفس - حدوث الوفاة

ب - على النبات

يعتمد التأثير الناتج عن الغاز على تركيزه فى الهواء المحيط. ولــم يلاحظ أى تأثير للغاز على النباتات والأعشاب حتى عنــدما يبلـــغ مســـتوى تركيزه (100) جزء فى المليون. ولكن التأثير على الإنسان أكثر حدة عنـــد تراكيز تقل بكثير عن هذا الرقم، كما أوضحنا سابقاً.

٢- أكاسيد النيتروجين (NOX)

تحتوى لأغلب أنواع الوقود على نسبة صغيرة من بعض المركبـــات العضوية المحتوية على النيتروجين فى تركيبها. وعند إحتراق هذا الوقـــود تتأكسد هذه المركبات النيتروجينية، ويتّحد ما بها من نيتروجين مع أكسجين

الهواء مكوناً مجموعة من الأكاسيد، أهمها: أول أكسيد النيتــروجين (NO) الذى يتحول فى الهواء إلى ثانى أ:سيد النيتروجين (NO_2).

وأكاسيد النيتروجين بأنواعها المختلفـــة (NO_2, NO, N_2O) هـــى أكاسيد حمضية، تكوّن عند إتحادها مع الماء حمضاً قوياً هو حمض النيتريك (HNO_3).

وتنبعث هذه الأكاسيد إلى الجو، إما من مصادر طبيعية وإمـــا بفعـــل النشاطات البشرية المختلفة، فغاز (N_2O) الموجود بالجو مصادره الطبيعية، أما غام (NO) فينتج من مصادر طبيعية بنسبة (80%)، فـــى حـــين تعـدّ النشاطات البشرية هى مصدر نسبة الـــ (20%) الباقية. ولكـــن، بالنســـبة لغاز (NO_2) فإن مصادره الرئيسية هى النشاطات البشرية المختلفة.

وعلى الرغم من أن كميات غازات (NO_X) التى تنتج من المصـــادر الطبيعية تعادل ثلاثة أضعاف ما تنتجه النشاطات البشرية، إلا أنه لا توجـد تأثيرات مباشرة لهذه الغازات. ويرجع ذلك إلى بطء إنتاجها وإنبعاثها، ممـــا يجعل عملية الإنتشار الطبيعى كفيلة بتخفيـــف تركيزهـــا، وبالتـــالى تقليـــل تأثيراتها الضارة على البيئة. فى حين أن الأنشطة البشرية تنتج كميات من تلك الغازات وفى حيز ضيق، مما يؤدى إلى تركيزات محلية وعالية. وهـــذا ما يجعلها ذات تأثيرات ملوثة وضارة بالبيئة.

ويوضح الجدول (٥) أهم مصادر إنبعاث غازات (NO_X)، التى ترجع للأنشطة البشرية.

جدول (٥) :أهم مصادر إنبعاث غازات (NO_X) التى ترجع للأنشطة البشرية

م	المصدر	نسبة غازات (NO_X) (%)
١	وسائل المواصلات	51.5
٢	إحتراق الوقود وتوليد الكهرباء	44.1
٣	العمليات الصناعية المختلفة	0.9
٤	الحرائق فى الغابات والمزارع	1.8
٥	التخلص من النفايات الصلبة	1.7

وعلى الرغم من أن الكمية الكلية لغـازات (NO_X) المنبعثـة إلـى الهواء الجوى حوالى (1/6) كمية غاز (CO) المنبعثة فـى الجـو، إلا أن مصادر غازات (NO_X) تبلغ (22) ضعف مصادر غاز (CO).

كذلك، فإن غازات (NO_X) تدخل فى تفاعلات كيميائيـة وفـى دورة كيميائية تحت تأثير الضوء وفى وجود الهيدروكربونات، وينتج عنها مصادر تلوث كثيرة شديدة الخطورة على الصحة والبيئة، والتى تسبب ما يعرف بـ "الدخان الضوء – كيميائيى".

أكاسيد النيتروجين وطبقة الأوزون

يتكون الأوزون (O_3) من جزيئات الأكسجين، وذلك عندما تمر فيهـا الأشعة فوق البنفسجية الواردة من الشمس، فتنحل بعض جزيئات الأكسجين بتأثير هذه الأشعة إلى ذرات أكسجين نشطة، لا تستطيع البقاء منفـردة بـل تتحد سريعاً مع بعضها البعض مكونة جزيئات ثلاثية الذرة، هـى جزيئـات الأوزون (O_3)، طبقاً للمعادلات الآتية :

الأشعة فوق البنفسجية

$$O_2 \longrightarrow O + O$$ (أكسجين ذرى نشط)

$$O_2 + O \longrightarrow O_3$$ (غاز الأوزون)

وتلعب طبقة الأوزون التى تتكون دوراً مهماً بالنسبة للحياة على سطح الأرض. وتمثل طبقة الأوزن درعاً واقياً يحمى الكائنات الحية التى تعيش على سطح الأرض من أخطار وأضرار الأشعة فوق البنفسجية. حيث يؤدى النقص فى تركيز طبقة الأوزون إلى وصول شدة أكبر من هذه الأشعة، مما قد يسبب للكائنات الحية حروقاً شمسية وبعض سرطانات الجلد. وقد يؤدى إلى تغيير فى بعض العوامل الوراثية للكائنات، وقد يؤثر أيضاً فى عمليات التخليق الضوئى، وقد تتسبب في حدوث الدمار البيولوجى.

وعندما يصطدم أحد جزيئات أكسيد النيتريك (NO)، مثلاً، مع جزئ من الأوزون (O_3)، ينحل جزئ الأوزون مكوناً جزيئاً من الأكسجين (O_2) وآخر من ثانى أكسيد النيتروجين (NO_2)، طبقاً للمعادلة التالية :

$$NO + O_3 \longrightarrow O_2 + NO_2$$

وكما هو واضح، فإن هذا التفاعل لا ينتج عنه إختفاء أكاسيد النيتروجين، ولكنه يؤدى فقط إلى إختفاء جزيئات الأوزون، مما يؤدى إلى مزيد من الضرر لطبقة الأوزون.

التأثيرات البيئية لغازات (NOX) :

يعدّ غاز ثانى أكسيد النيتروجين (NO_2) أكثر سمية، لأنه يتحول بواسطة الرطوبة إلى حمض النيتريك (HNO_3)، الذى يؤدى إستنشاقه إلى أضرار كبيرة للرئة والجهاز التنفسى.

$$4NO_2 + 2H_2O \longrightarrow 4HNO_3$$

كما أن وجود هذا الحمض يساعد – إلى جانب ثانى وثالث أكسيد الكبريت – على زيادة أضرار الأمطار الحمضية.

ومن جهة أخرى، تتفكك أكاسيد النيتروجين فى وجود الأكسجين والضوء، وينتج عن ذلك تكون غاز الأوزون، كما أوضحنا ذلك سابقاً. ولهذا الغاز أضرار بالغة على الجهاز التنفسى، ويؤدى إلى تلف أنسجة الرئة، كما يسبب إلتهاب الأنف والعينين. ولهذا، فإن الحد الأقصى المسموح به من ذلك الغاز لا يتجاوز (0.1) جزء فى المليون.

وثانى أكسيد النيتروجين (NO_2) ماص قوى للأشعة فوق البنفسجية القادمة من الشمس، وحافز للتفاعلات الكيميائية الضوئية المكونة للضباب المحمل بالدخان فى الأجواء الملوثة. كذلك، يمكن للغاز أن يتحد مع بخار الماء مكوناً حمض النيتريك (HNO_3) – كما أشرنا سابقاً – الذى يتفاعل بدوره مع الأمونيا أو الجسيمات الموجودة فى الهواء مكوناً أملاح النترات، مثل : نترات الأمونيا (NH_4NO_2). ولا يتفاعل كل أكاسيد النيتروجين كيميائياً ضوئياً، ولكن (NO_2) الذى لا يتفاعل يتحول فى النهاية إلى "أيروسول"، وهى مواد تترسب من الهواء أو تزول مع المطر.

٣ – أكاسيد الكبريت (SOX)

تعدّ أكسيد الكبريت : SO_2 , SO_3، أحد مصادر التلوث التى تنبعث إلى الهواء الجوى. وعلى الرغم من نسبة (SO_X) الموجودة فى الهواء الجوى ضئيلة نسبياً إذا ما قورنت ببعض الأنواع الأخرى من الغازات، إلا أن تأثيراتها الضارة كثيرة ومباشرة الأثر على الإنسان.

ولقد وجد أن حوالى (87%) من غاز (SO_X) المنبعثة إلـى الجـو يرجع إلى إحتراق الفحم، حيث إن الفحم الحجرى يحوى ما بـين (0.2%) إلى (7%) من وزنه كبريت.

ويمثل غاز ثانى أكسيد الكبريت (SO_2) الجزء الأكبر مـن غـازات (SO_X)، والجزء الباقى هو غاز ثالث أكسيد الكبريت (SO_3). وقد وجد أن إلب غاز (SO_2) الناتج من المصادر الطبيعية يأتى من أكسدة غازكبريتيـد الهيدروجين (H_2S)، الذى يتكون من تحلل المواد العضوية، أو كأحد نواتج البراكين النشطة، مثل : بركان "إتنا" فى إيطاليا، والذى ينفث فى الهواء قدراً كبيراً من غاز (SO_2).

أما غاز (SO_2) المتكون بفعل النشاطات البشرية، فإنه يـأتى مـن إحتراق الفحم بصفة أساسية. بالإضافة إلى كميات ضئيلة تنتج كناتج ثانوى لعمليات صناعية مختلفة، مثل: عمليات إستخلاص النحاس من خامة كبريتيد النحاس، وصناعة حمض الكبريتيك، وعمليات تكرير البترول.

وغاز حمضى ويكون مع الماء حمضاً قوياً هو حمـض الكبريتيـك (H_2SO_4). كما يمكن أن يتفاعل حمض الكبريتيك معطياً أملاح الكبريتـات، مثل : كبريتات الأمونيوم، ويوجد كل من حمض الكبريتيك وأملاح الكبريتات المتكونة بهذه الكيفية فى الهواء على هيئة (أيروسولات).

أكاسيد الكبريت .. والأمطار الحمضية

غاز (SO_2) عند تصاعده إلى طبقات الجو العليا، فإنـه يتحـد مـع أكسجين الهواء فى وجود ضوء الشمس مكوناً أكسيداً آخـر مـن أكاسـيد

الكبريت، يعرف بإسم ثالث أكسيد الكبريت (SO_3)، الذى يتحد مع بخار الماء مكوناً حمض الكبريتيك (H_2SO_4).

$$SO_2 + \frac{1}{2} O_2 \longrightarrow SO_3$$

$$SO_3 + H_2O \longrightarrow H_2SO_4$$

وعندما يكون الجو جافاً، فإن هذا الحمض قد يظهر فى الهواء على هيئة رزاز. وقد يتحد هذا الحمض مع بعض النوشادر، التى قد توجد فى الهواء مكوناً ملحياً من أملاحه يعرف بإسم "كبريتات النوشادر" . [$(NH_4)_2$. SO_4]

$$H_2SO_4 + 2NH_3 \longrightarrow (NH_4)_2\ SO_4$$

ويبقى هذا الملح أيضاً معلقاً فى الهواء على هيئة ضباب رقيق فى الجو الجاف وفى الهواء الساكن. ويعرف ذلك جيداً بعض سكان المناطق الصناعية فى إنجلترا، وفى غيرها من البلدان الصناعية . ومثل هذا الضباب يسبب ضيقاً فى التنفس، كما يحدث إلتهاباً فى العيون.

وعندما يصبح الجو مهيئاً لسقوط الأمطار، فإن هذا الحمض وملحه النوشادرى يذوبان فى ماء المطر، الذى يسقط على سطح الأرض على هيئة مطر حمضى.

وفى كثير من الأحيان تسبب الأمطار الحمضية بعض الأضرار للتربة، خاصة عندما تكون هذه التربة جيرية. فالأمطار الحمضية تذيب الطبقة السطحية من هذه التربة، وتحمل قدراً من عنصر الكالسيوم الموجود فى التربة الجيرية إلى الأنهار والبحيرات وبذلك فهى تحدث نحراً فى هذه التربة، كما أنها ترفع من تركيز الكالسيوم فى المجارى المائية الطبيعية.

الآثار الضارة لأكاسيد الكبريت :

يعدّ غاز (SO_2) ملوثاً لا يقل خطوره عن غاز(CO)، فهو يساهم فـــى زيادة أمراض الجهازالتنفسى، والألم الصدرى، وإلتهاب القصبات والضـــيق فى التنفس، ويعدّ مسئولاً – إلى حدٍ ما – عن زيادة معدلات الربو المـــزمن والإلتهاب الرئوى.

كذلك، وجد أن لغاز (SO_2) تأثيرات مختلفة على النبات. فهو يزيـــل اللون الأخضر لورقة النبات، حيث يتحول لونها بالتدريج من الأخضر إلـــى الأصفر. كما ينخفض معدل البناء الضوئى بدرجة كبيرة قد تصل إلى مرحلة التوقف.

وكما ذكرنا سابقاً، فإن حمض الكبريتيك إضافة إلى حمض النيتريـــك يكونان ما يسمى بـــ "الأمطار الحمضية"، والتى أصبحت من أكبـــر مشـــاكل التلوث التى تقلق الدول.

فقد أدت الأمطار الحمضية إلى تغيير الرقم الهيدروجينى لمياه الأنهار والبحيرات. وقد إنعكس هذا التغيير فى موت كثير من النباتات والحيوانـــات المائية، هذا بالإضافة إلى تخريب الآثار التاريخية، ونحر التربة وتجريفها.

٤- الهيدروكربونات

يعدّ البترول ومشتقاته، مثل : البنزين المصـــدر الرئيســـى لإطـــلاق الهيدروكربونات إلى الهواء الجوى. ويتم ذلك فى كل من عمليات التبخيـــر والإحتراق الداخلى، التى تتكون عوادمها من الهيدروكربونات غير المحترقة (غير المؤكسدة)، وغير كاملة الإحتراق.

ويوضح الجدول (٦) أهم مصادر إنبعاث الهيدروكربونات نتيجة النشـــاطات البشرية.

جدول (٦) : أهم مصادر إنبعاث الهيدروكربونات بسبب النشاطات البشرية

م	مصدر إنبعاث الهيدروكربونات	النسبة(%)
١	وسائل المواصلات	56.2
٢	العمليات الصناعية (تكرير البترول - إسالة الغاز الطبيعى - صناعة النوشادر - صناعة الكربون الأسود)	15.8
٣	حرائق الغابات	20.5
٤	التخلص من النفايات الصلبة (عن طريق الحرق)	5.8
٥	إستعمالات الوقود فى توريد الكهرباء	1.7

الآثار الضارة للهيدروكربونات :

يمتص غاز ثانى أكسيد النيتروجين (NO_2) الأشعة فوق البنفسجية من الشمس، ويتكسر إلى (NO) والأكجسين الذرى (O).

$$NO_2 \xrightarrow{\text{الأشعة فوق البنفسجية}} NO + O$$

ثم يتفاعل الأكسجين الذرى مع جزيئات الأكسجين مكوناً الأوزون (O_3)، والذى يتفاعل بدوره مع أكسيد النيتروجين مكوناً ثانى أكسيد النيتروجين والأكسجين الجزيئى.

$$O + O_2 \longrightarrow O_3$$

$$O_3 + NO \longrightarrow NO_2 + O_2$$

ويتفاعل الأكسجين الذرى مع الهديوكربونات النشطة، ويتكون ما يعرف كيميائياً بـ "الشق" (Radical). ويأخذ "الشق" دوره فى سلسلة من التفاعلات التى ينتج عنها شقوق أكثر مع الأكسجين الجزيئى

والهيدروكربونات وأكسيد النيتروجين. ويبدأ الأوزون (O_3) فـى التـراكم، والتفاعل مع الهيدروكربونات مكوناً مـواد ملوثـة ثانويـة، ومـن بينهـا الفورمالدهيد وغيره من الألدهيدات والكتيونات. وفى وجود ثـانى أكسـيد الكبريت تتكون أيضاً "الأيروسولات".

٥- غاز ثانى أكسيد الكربون (CO_2)

يعدّ غاز ثانى أكسيد الكربون (CO_2) أحد الملوثات التى تلعـب دوراً مهماً فى ا لتغيرات المناخية التى تسود الجو فى أيامنا الحالية.

ويتمثل المصدر الرئيسى لغاز (CO_2) الجوى فى عمليات إحتـراق الوقود بمختلف أشكاله، وفى شتى مجالات إستخدامه. بجانب ما ينتج أيضـاً من كميات منه بفعل تحلل العناصر الحيوية فى التربة، وما تطلقه البـراكين فى أثناء ثورانها، إذ يمثل هذا الغاز نسبة (14%) مـن مجمـل الغـازات المندفعة إلى الجو فى أثناء ثورة البركان.

ومما لا شك فيه أنْ نسبة غاز (CO_2) أصبحت فى إزدياد مضـطرد نتيجة الزيادة المطردة فى إستهلاك الوقود. كمـا أن لنشـاطات الإنسـان وممارساته وسلوكياته – والتى تتمثل فى الرعى الجـائر وقطـع الأشـجار والقضاء على الغابات بهدف الإستفادة من أخشابها – أكبر الأثر فـى رفـع معدلات وزيادة تركيزات ذلك الغاز فى الجو.

وتؤدى زيادة كمية (تركيز) غاز (CO_2) فى الجو إلى إرتفاع درجة الحرارة. وقد أدت الزيادة فى تركيز غاز (CO_2) فى الجو فى خلال الأربعين سنة الماضية إلى إرتفاع فى درجة الحرارة قدره (0.02) درجة مئويـة

سنويـــــاً، مما أحـــــدث تغيرات فى درجة الحرارة بالزيادة وصــلت إلـــى حوالى (0.5-0.6) درجة مئوية عما كانت عليه من قبــــل.

ويوضح الجدول (٧) معدلات الزيادة فى درجة الحــرارة المصـــاحبة لزيادة كميات ثانى أكسيد الكربون المنبعثة إلى الجو نتيجة إحتراق الوقود.

جدول (٧): معدلات الزيادة فى درجة الحرارة المصاحبة للزيادة فى كميـــات غاز (CO_2) المنبعثة إلى الجو

السنة	تركيز (CO_2) فى الجو (جزء من المليون)	تزايد درجة الحرارة (م °)
1900	295	0.02
1910	297	0.04
1920	299	0.07
1930	302	0.09
1940	305	0.11
1950	309	0.15
1960	314	0.21
1970	322	0.29
1980	335	0.42
1990	351	0.58
2000	373	0.80
2010	403	1.10

ومن الظواهر التى تصاحب تزايد كميات (CO_2) فى الجو ظاهرة ما يعرف بـــ "البيت الزجاجى". وفعل غاز (CO_2) يشبه عمل الزجاج فى البيت الدافئ، الذى يمرر أشعة الشمس ولا يسمح بمرور الأشعة تحت الحمـــراء. ففى البيت الزجاجى الدافئ تمتص النباتات أشـــعة الشـــمس المــــارة عبـــر

الزجاج، ثم تعيد إطلاق جزء مما إمتصها كأشعة تحت حمراء لا تقدر على النفاذ إلى الخارج.

لذلك، فهذه الأشعة المحتجزة ترفع درجة الحرارة داخل البيت الزجاجى عن محيطه. ونفس الظاهرة تفسر إرتفاع درجة الحرارة داخل السيارة إذا كانت مقفلة الأبواب والنوافذ ومعرضة لأشعة الشمس الساطعة.

ثانياً : الملوثات الصلبة

الملوثات الصبة .. هى ما يحمله الهواء من دقائق صلبة لمواد مختلفة تشكل مع الهواء ما يعرف بـ "الغبار".

وتختلف هذه الملوثات فى نوعها بإختلاف مصدرها، كما تختلف أيضاً فى حجم ذراتها، وفى تأثيراتها المختلفة على البيئة.

ويصنف الغبار – إستناداً إلى إحتوائه مواد سامة أو خلوه منها – لنوعين، هما :

النوع الأول : غبار يحتوى على مواد سامة ونشطة حيوياً، وتشمل هذه المواد المعادن الثقيلة وغيرها من مواد نشطة، مثل: الزرنيخ، والمنجنيز، والرصاص، والسيانيد، والزئبق والمواد المشعة.

النوع الثانى : وهو الغبار الذى لا يحتوى على مواد سامة، ولكنه قد يترك آثاره على الإنسان وجسده. ومن أمثلة هذا النوع:

١- غبار يسبب تليف الأنسجة، ويتكون من المواد التى تسبب التليف. ومن أمثلتها : الأسبستوس (Asbestos)، وذرات الفحم الأسود، والجرافيت، وذرات الفولاذ (الحديد) الناتجة عن عمليات التجلية.

٢- غبار يحتوى على مكونات تسبب الحساسية. ومن أمثلتهـا: القطـن، والقنب، والصوف، والجير المحروق.

٣- غبار لا يسبب أى من الآثار السابقة، كالرمل وغيره.

وتعتمد كمية الغبار فى الجو على عدة عوامل، منها :

- سرعة الرياح
- درجة الرطوبة
- كمية الغبار السطحى
- كثافة مصادر الغبار الطبيعية

ويقدر متوسط تركيز الغبار (بالوزن) فى الهواء غير الملوث بحوالى (20) ميكروجراماً فى المتر المكعب من الهواء.

الجسيمات (الهباء) فى الهواء

الجسيمات – سواء أكانت سائلة أم صلبة – هى مواد بالغة التعقيـد، كما أنها تعدّ من أكثر ملوثات الهواء إنتشاراً. وهـى تتولـد مـن مصـادر متعددة. فما ينتج منها من عمليات ميكانيكية كالتجليخ والرش، لا يزيد قطر الجسيم على (10) ميكرونات. والجسيمات من ميكرون واحـد إلـى (10) ميكرونات عديدة فى الجو، وتمثل عادة أثقل أنواع الغبار وزناً. وتشمل كذلك الأتربة الصناعية والرماد، وما شابه ذلك.

وتشترك الجسيمات على إختلاف أنواعها وحجومها فى مجموعة من الخواص الفيزيائية. فهى تنمو بالتكثيف وتمتص أو تمتز الأبخرة والغازات،

وتتجمد أو تنتشر، كما أنها تمتص الضوء أو تشتته. وقد تتفاعل الجسيمات كيميائياً مع بعضها بعضاً فى الهواء، نظراً لتصادمها بعضها ببعض بكثرة.

وفى العادة تظل الجسيمات المتولدة فى جو المدن محمولة فى الهواء لعدة أيام قليلة فقط، وإن كانت قد تظل محمولة فى الهواء – تبعاً لحجمها – لمدة أسابيع. ويمنع الترسيب بفعل الجاذبية للجسيمات الأكبر، كالرماد المتطاير والتراب من الأبتعاد عن مصادرها. وإن كانت المصادر الكبيرة كالبراكين الثائرة والإنفجارات النووية وحرائق الغابات، قد وتولد جسيمات تطوف حول العالم.

مصادر الهباء

كما ذكرنا، فإن الهباء يشمل جميع المعلقات الصلبة والدخان والغبار (التراب) والأبخرة والضباب. كذلك، تعدّ الأجسام الحية المعلقة، مثل: البكتيريا والفطر والعفن من أنواع الهباء.

وتعدّ المصادر الطبيعية، مثل : الزلازل والبراكين والرياح والحرائق الطبيعية للغابات هى المصدر الرئيسى للهباء فى الجو، فهى تبث حوالى (80%) من مجمل الهباء الجوى فى العالم، فى حين أن المصادر البشرية تبث فقط نسبة الـ (20%) المتبقية.

ويمكن تقسيم المصادر البشرية للهباء إلى قسمين، وهما :

١- مصادر مباشرة : كنواتج إحتراق الوقود فى محطات توليد الكهرباء أو وسائل المواصلات المختلفة وغيرها.

٢- مصادر غير مباشرة : حيث تتحول بعض الملوثات إلى هباء ومن أمثلة ذلك: تكون الكبريتات من غاز (SO_2). وتكون النيترات من الأكاسيد النيتروجينية (NO_X) وتكون الكربونات منن غاز (SO_2).

ويوضح الجدول (٨) المصادر الرئيسية للهباء الناتج عن نشاطات بشرية.

جدول (٨): المصادر الرئيسية للهباء الناتج عن نشاطات بشرية

م	المصدر	النسبة (%)
١	العمليات الصناعية	50.0
٢	إحتراق الوقود (من المصادر الثابتة)	26.0
٣	حرائق الغابات	15.0
٤	التخلص من النفايات	5.4
٥	وسائل المواصلات والنقل	2.7

أثر الهباء على البيئة

من الناحية البيئية، فإن الهباء يؤثر على الإنسان والحيوان والنبات بطريقة مباشرة وغير مباشرة.

١- أثر الهباء على الإنسان

يتركز ضرر الهباء على الإنسان فى تأثيره على الجهاز التنفسى بصورة خاصة، وإعتماداً على حجم الجسيمات المتطايرة ونوعها، فقد يؤدى ذلك إلى إصابة الإنسان بسرطان الرئة.

٢- أثر الهباء على الحيوان

قد يؤثر الهباء على الحيوان بطريقة مباشرة من خـــلال إستنشـــاقه للأتربة الموجودة فى البيئة المحيطة، أو بطريقة غير مباشرة نتيجة تغذيـــة هذه الحيوانات على بعض النباتات الملوثة بكيماويات ســـامة تضـــر هـــذه الحيوانات، مما يؤدى إلى إصابتها بالعديد من الأمراض. وهذا بدوره يؤدى إلى نقص إنتاجها من الألبان، وضعف بنيتها، مما يؤدى إلى تدهور كميـــات اللحوم التى تمدنا بها هذه الحيوانات.

وفى أحيان كثيرة، فإن غذاء الحيوان الملوث بالكيماويات والمـــواد السامة قد يؤدى إلى نفوق أعداد كبيرة من تلك الحيوانات.

٣- أثر الهباء على النبات

لقد وجد أن الهباء، وبصورة رئيسية التـــراب يتجمـــع فـــوق أوراق النبات ويتراكـــــم عليها. وبالتالى فهو يسد الثغور المنتشرة على ســـطح الأوراق مما يؤثر على عملية التمثيل الغذائى الضوئى للنبـــات ويضـــعفها. وينعكس هذا على النبات فى صورة ضمور فى بعـــض أجزائـــه وإصـــفرار أوراقه. كما أنه قد يؤثر على عملية التزهير أو الإثمار فى تلك النباتات. بل وفى بعض الأحيان قد يؤدى إلى هلاكها.

الباب الخامس

(تلوث المياه)

أهمية الماء

الماء .. لا يقل أهمية عن الهواء بالنسبة للإنسان ولجميع الكائنات الحية الأخرى . وليس هناك أبلغ وصفا لأهمية الماء من قوله تعالى : (وَجَعَلْنَا مِنَ الْمَاءِ كُلَّ شَيْءٍ حَيٍ)(الأنبياء: من الآية٣٠) . ولذلك ، يعتبر الماء أهم مركب كيميائي في الكون . فهو المكون الأساسي لمعظم الكائنات الحية ، إذ أن ثلثي وزن جسم الإنسان – لحمه وعظامه – عبارة عن ماء ، ويشكل الماء (٩٠%) من دم الإنسان. كما أن من (٨٠-٩٥%) من وزن كثير من الخضروات هو الماء.

ونعتمد فى حياتنا علي المياه في مجالات شتي وأغراض متعددة ، فالمياه يشربها الإنسان والحيوان ويرتوي منها النبات . كما تعد المياه مصدراً من مصادر الغذاء . والمياه عامل ملطف لدرجات الحرارة علي اليابسة ، فهي تساعد في خفض درجات الحرارة المرتفعة ، كما يمكن الاستفادة منها في رفع درجات الحرارة المنخفضة .

وتعد المياه مذيبا جيدا ، وهي تدخل في تفاعلات كيميائية مهمة ، منها ماله أهمية قصوى في دورة الحياة كعملية التمثيل الضوئي للنبات ، حيث يتحد مع ثاني أكسيد الكربون (CO_2) ليكون مواد عضوية وأكسجين (O_2).

كذلك ، تلعب المياه دورا فعالا في عمليات الانتقال علي سطح الأرض ، وذلك من خلال استغلال البحار والمحيطات والأنهار كمجاري مائية تسير فيها السفن والقوارب وغيرها .

خواص الماء

الماء .. سائل شفاف عديم اللون والطعم والرائحة. وهو يتكون من عنصري: الهيدروجين "H_2" (١١,٢%) وزنا، والأكسجين "O_2"(٨٨,٨%) وزنا. ويعبر عن الماء النقي بالصيغة (H_2O) ، ودرجة غليان الماء النقي هي (١٠٠) درجة مئوية ، بينما نجد ان درجة انصهار الجليد هي (صفر) درجة مئوية عند الضغط الجوي العادي (١ ضغط جوي).

والحرارة النوعية للماء هي واحد سعر لكل جرام لكل درجة مئوية . وكثافة الماء هي (١) جم/سم٣ . ويزداد حجم الماء عند تجمده ، وتنقص كثافته ؛ أي أن كثافة الجليد أقل من كثافة الماء (لذلك يطفو الجليد علي الماء) . وتصل كثافة الماء إلى أقصي قيمة لها وهي (١) جم/سم٣ عند درجة الحرارة (٤) ودرجة مئوية ، ثم تبدأ بالانخفاض البطئ بارتفاع درجة الحرارة . ويفسر ذلك بأن : انصهار الجليد ينتج عنه تكسير بعض الروابط الهدروجينية نتيجة لاختلال الترتيب المنتظم لجزيئات الماء عند الانتقال من حالة الصلابة إلى حالة السيولة . وينتج عن ذلك ، ان جزيئات الماء تستطيع الاقتراب من بعضها البعض ، مما يجعلها أكثر تراصا ، و بالتالى أكثر كثافة . ولكن ، ارتفاع درجة الحرارة فوق الدرجة (٤) يرافقه التمدد الحراري الذي من شأنه أن يبعد الجزيئات عن بعضها، فتعود الكثافة إلى الانخفاض .

ومما لاشك فيه ، أن لقوي الروابط الهيدروجينية التي تربط بين جزيئات الماء أكبر الأثر في ارتفاع درجة غليان الماء (١٠٠) درجة مئوية مقارنة بالمركبات المماثلة.

والماء النقي موصل ردئ للكهرباء . وهو يتحلل كهربيا إلى العنصرين المكونين له ، وهما : الأكسجين والهيدروجين .

الماء العسر Hard Water

الماء النقي الذي يمكن ان نعتبره صالحا لمعظم الأغـراض المنزليـة والصناعية يجب ان يكون صافيا ، وعديم الرائحة وخاليا من العوالق والطعم والميكروبات المسببة للأمراض .

وفي الحقيقة ، فإن ماء الشرب الذي نستعمله ليس نقيا كيميائيـا ، إذ أن الماء النقي كيميائيا يكون غير مستساغا . والماء الرقراق المندفع مـن جدول بين الصخور يكون عادة متمتعا بكل المزايـا التـي تجعلـه صـالحا لأغراض الشر ب. غير أننا نجد في هذا الماء مواد ذائية ، مثل : الغـازات الجوية ، وآثار من غـازات : الميثـان (CH_4) ، وكبريتيـد الهيـدروجين (H_2S) ، وثاني أكسيد الكبريت (SO_2)، والنوشادر (NH_3) ، وكثيـر مـن الأملاح غير العضوية المستخلصة من الصخور التي مر فوقها الماء أثنـاء جريانه . ولكن ، إذا وصل تركيب بعض هذه المواد إلى حد عال ، فإن الماء ل ايعد صالحا لاستهلاك الإنسان أو للصناعة أو للأغراض المنزلية. ويقـال عندئذ أن الماء اصبح "عسرا" أو ملوثا" .

ويرجع سبب عسر الماء الى وجود تراكيز عالية نسبيا من أيونـات : الماغنسيوم (Mg^{2+}) أو الكالسيوم (Ca^{2+}) أو الحديـديك (Fe^{3+}) . حيـث تتفاعل هذه الأيونات مع الصابون، وتكون مادة صلبة غير ذائبة أو خبـث . ولذلك ، فالماء العسر يخفض قدرة الصابون علي التنظيف .

وفي الصناعة ، يستخدم البخار لإدارة العديد من الآلات حيـث يحـول الماء إلى بخار في محطات مركزية ، ثم يعود الماء الناتج عن تكثفـه إلـى

مراجل ليعاد غليه . فإذا استخدم في محطة البخار ماء عسر يحتوي على كميات كبيرة من البيكربونات ، فإن ذلك يؤدي إلى الانسداد التدريجي في الأنابيب ، بسبب ترسب كربونات الكالسيوم والماغنسيوم والحديد علي الجدار الداخلي لتلك الأنابيب (تترسب هذه الكربونات من الماء العسر عند تسخينه ، حيث تتكسر البيكربونات "الذائبة" وتتحول إلى الكربونات "غير الذائبة ").

ويمكن معالجة الماء العسر ، وتحويله إلى ماء يسر ، بإمرار الماء العسر علي أنواع من "الزيوليت" ذات الشحنات السالبة ، حيث يتم استبدال الأيونات المسببة للعسر (Ca^{2+} أو Mg^{2+}) بأيونات الصوديوم (Na^{2+}) ، ويكون الماء الخارج يسرا . حيث ان وجود أيونات الصوديوم في الماء ليس ضارا ، فجميع أملاح الصوديوم المشهورة ذائبة.

زيوليت $- Na^{+} + Ca^{2+}_{(aq)} \longrightarrow$ زيوليت $- Ca^{2+} + Na^{+}(aq)$

وفي هذه العملية يتحول زيوليت الصوديوم إلى زيوليت كالسيوم بالتبادل الأيوني . وإذا أصبح الزيوليت مشبعا بالأيونات الثنائية الشحنة (المستبدلة) يجب أن يعالج هذا الزيولتيت بمحلول مركز من (NaCl) لإرجاعه مرة أخري إلى حالته الصوديومية .

زيوليت $- Ca^{2+} + NaCl(aq) \longrightarrow$ زيوليت $- Na^{2+} + CaCl_2\ (aq)$

ويتوفر الآن عدد كبير من المبلمرات الصناعية القادرة علي التبادل الأيوني ، وتسمي "أصماغ التبادل الأيوني" . وهي عبارة عن جزيئات عضوية عملوقة ذات مجموعات سالبة أو موجبة . ويمكن استخدامها لإزالة جميع الأيونات (الموجبة والسالبة) من الماء والحصول علي ماء خال من الأيونات غير المرغوب فيها واستبدالها بأيونات أخري غير ضارة .

تلوث الماء

لقد دأب الإنسان منذ وجوده علي الأرض علـــي تعميرهـــا ومحاولـــة تحسين ظروف بيئتة ومعيشته بها . وفي سبيل تحقيق هذه الغاية ، انـــتهج الإنسان نهجا غريبا لم يراع فيه التوازن البيئي . وبسبب جهـــل الإنســـان بديناميكية ذلك التوازن وسوء تقديره ، نتج ذلك التخريب الكبير الذى أحدثه ويحدثه إنسان في بيئته .

فلقد صاحب ظهور المدن ونموها وتزايـــد أعـــداد ســـكانها ، وبنـــاء الصناعات المختلفة فيها وتنوع تلك الصناعات ، بـــروز مشـــكلة تصـــريف النفايات المتخلفة عنها . وفي البداية ، وجد الإنســـان أن اســـهل الطـــرق للتخلص من تلك النفايات ، هو ربط شبكات المجاري من البيوت والمصانع بمجاري المياه ، مثل : الأنهار القريبة أو بشواطئ البحار . ولكن ، اتضـــح مع الوقت أن تلك الأنهار والشواطئ أصبحت ملوثة ، كما أن أعداد وأنـــواع الكائنات الحية الحيوانية والنباتية التي كانت توجد بها بدأت فـــي التنـــاقص بدرجة ملحوظة . وذلك لأن مياه المجاري ومخلفات المصانع تنقـــل إليهـــا آلاف الأطنان من النفايات والمواد الكيميائية السامة، مما قضي علي معظـــم أشكال الحياة فيها .

كما أن آثار ذلك التلوث قد يصيب الإنسان ذاته عبر السلسلة الغذائية ، إذ أن المواد الضارة والسموم تنتقل تدرجيا – ولو بنسب صـــغيرة – إلـــى النباتات والحيوانات المائية ، ثم تنتقل إلى الإنسان إذا تغذي بتلك النباتـــات والحيوانات .

كذلك ، فإن عدم مراعاة قواعد السلامة أو عدم اتخاذ الاحتياطيات اللازمة أثناء عمليات التصنيع في المصانع ، تسهم في تخريب البيئة وإتلاف عناصرها .

ومن أمثلة ذلك تسرب الغازات السامة والإشعاعات الخطرة من المصانع والمفاعلات النووية ووصولها إلى مجاري المياه الطبيعية . كذلك ، غرق ناقلات النفط المحملة بآلاف الأطنان من الزيت الخام أو أحد منتجاته ، والتي تؤثر علي الأحياء المائية الموجودة في تلك المياه ، وتقتل جميع مظاهر الحياة بها .

ولم يعبأ الإنسان بحاجته المتزايدة للمياه ، فأخذ في تعريض الوسط المائي كله لشتى أنواع الملوثات الناتجة عن زيادة الكثافة السكانية ، وتنوع الأنشطة الزراعية والصناعية ، وإلقاء المخلفات الناتجة عن الصرف الصحي وعن المصانع ، مما جعل تلك المسطحات المائية تفقد القدرة علي التخلص من تلك الملوثات وآثارها السيئة .

وكان من نتائج أعمال الإنسان غير المحسوبة أن ظهرت أعراض التدهور في معظم مشروعات المياه في العالم ، حيث بدأت آثار الملوثات تظهر علي الكائنات الحية التي تعيش فهيا ، حيث ماتت الأسماك في البحيرات والأنهار ، وقل محصولها في البحار والمحيطات .

تعريف تلوث المياه

يمكن تعريف تلوث المياه بأنه : "وجود الملوثات والعناصر غير المرغوب فيها في المياه بكميات ونسب كبيرة ، أو بشكل يعيق استعمال المياه للأغراض المختلفة كالشرب والري والتبريد ، وغيرها ، بحيث تصبح تلك المياه مصدرا لإصابة الإنسان والحيوانات بالأمراض الخطيرة" .

مصادر تلويث مجاري المياه الطبيعية

يمكن تقسيم مصادر تلوث البحار والمحيطات إلى خمسة أقسام ، وهي:

١ – مياه الصرف الصحي

في معظم مدن العالم ، يتم تحويل مياه الصرف الصحي إلى المسطحات المائية ومنها البحار . كما أن معظم المصانع القريبة من هذه المسطحات تلقي نفاياتها فيها . ويزداد خطر هذه المخلفات إذا ضخت مياه الصرف إلى تلك المسطحات دون معالجة مناسبة وهو ما يحدث غالبا .

ولقد أحدث هذا المصدر من مصادر التلوث أضرارا كبيرة في بيئة البحر الأبيض المتوسط في أول السبعينيات من القرن العشرين الميلادي . ومن المتوقع أن تخف حدة التلوث في هذا المجري المائي مع اكتمال بناء محطات المعالجة في جميع المدن الساحلية التي تطل علي شواطئه ، حيث اتفقت الدول المطلة عليه علي تحقيق ذلك .

٢ – إلقاء النفايات في عرض البحر

مازالت معظم الدول الصناعية الكبري تتخلص من نفاياتها السامة ، وخاصة الإشاعية بإلقائها في عرض البحر بواسطة السفن أو الطائرات ، أو بدفنها في قيعانها . كذلك تقوم بعض هذه الدول بإجراء بعض تجاربها النووية في مناطق تحت سطح الماء.

ولحماية البحار والمحيطات من هذه النوعية من الملوثات ، فقد وقعت مجموعة من الدول معاهدة بهذا الخصوص في عام (١٩٧٢) ، تعرف باسم "معاهدة لندن" .

٣ – استغلال البيئة البحرية

إن النشاطات المختلفة التي يمارسها الإنسان في التنقيب عن البترول والغاز الطبيعي في المناطق المغمورة بالماء (البحار والمحيطات) ، قد تؤدي إلى تسرب الزيت إلى مياه البحار نتيجة حدوث أخطاء أو أعطال أو حوادث.

وتجدر الإشارة هنا إلى حادثة بقعة الزيت في الخليج العربي عام (١٩٨٣)، والتي تسرب فيها النفط من آبار حقل النيروز الإيراني لمدة عام بمعدل تدفق قدر بحوالى (٢٠٠٠) إلى (٣٠٠٠) برميل يوميا . وعاشت دول المنطق وقتها رعبا بيئيا حقيقاً بسبب التخوف من آثار إصابة الأسماك والروبيان (الجمبري) وتلوثها بالنفط ، والتي تعد ضمن الأغذية المهمة لشعوب منطقة الخليج ، ومصدر رزق لقطاع كبير منهم ، وقد أدت هذه الحادثة إلى هلاك العديد من الأحياء المائية ، كما جعلت سكان تلك المنطقة يعزفون عن تناول الأسماك تحسبا لتوثها .

٤ – النقل والملاحة البخرية

لقد ساهمت الأثار البيئية والاقتصادية التي صاحبت حادثة ناقلة البترول "أمكوكاديز" والتي أدت إلى تلوث الشواطئ الفرنسية عام (١٩٨٧) إلى تنبيه الرأي العام العالمي لحقيقة إحتمالية حدوث التلوث البحري دون أية ضوابط أو إجراءات صارمة لمنعها .

ويشير تقرير صادر عن الأمم المتحدة : أن الخطر الحقيقي لتلوث مياه الخليج العربي يكمن في النفايات التي تلقيها ناقلات النفط والسفن التجارية التي تمر بالخليج يوميا ، حيث تستغل هذه السفن والناقلات عدم وجود قوانين بيئية في المنطقة وتقوم بغسل خزاناتها في مياه الخليج .

٥ – التلوث بالنفط

يعد التلوث بالنفط ومشتقاته من أهم الملوثات المائية وأوسعها انتشارا في الفترة الأخيرة .

ويمكن إيجاز أهم مصادر تلوث المياه بالنفط فيما يلي :

- حوادث ناقلات البترول والسفن الأخرى . ومن الأمثلة المعروفة حادثة ناقلة البترول الضخمة (توري كاتيون) ، وما نتج عن هذه الحادث من تدفق كميات هائلة من النفط تزيد عن (٥٠) الف طن .
- المصانع الشاطئية ، وخاصة مصافي النفط . وقد قدرت كميات البترول التي تلقي في مياه البحر الأبيض المتوسط من خمسين مصفاة فقط بنحو (٢٠) ألف طن سنويا.
- مخلفات ناقلات البترول التي تفرغ مياه مستودعات الاستقرار في المياه
- انفجار آبار البترول في البحار .

تلوث المياه الجوفية

حتى وقت قريب ، لم يكن ينظر إلى المياه الجوفية على أنها قابلة للتلوث كما هو الحال في المياه السطحية (البحار والمحيطات والأنهار) ، فقد كان الاعتقاد السائد أن التربة السطحية يمكنها إزالة الملوثات من المياه المتسربة إلى باطن الأرض عن طريق عمليات الترشيح أو الادمصاص أو التحلل الحيوي . غير أن الشواهد التي تجمعت في السنوات القليلة الماضية دلت علي أن بعض المذيبات الصناعية والمبيدات الحشرية قد وجدت طريقها إلى طبقات المياه الحاملة (الطبقات الحاملة هي تلك التكوينات الجيولوجية

التي تحوي الماء في فجوات مادتها الصخرية ، بحيث ينفذ ماؤها بسهولة وبكميات معقولة إلى الآبار والينابيع).

مصادر تلويث المياه الجوفية

يمكن حصر أهم مصادر تلوث المياه الجوفية ، فيما يلي :

١ – العمليات الزراعية

يؤدي الاستعمال المفرط للمبيدات الحشرية أو الأسمدة أو سوء التخلص من مخلفات الماشية إلى عدد من المشكلات . كما تؤدي عمليات الري ، وخاصة إذ لم تتوفر أنظمة الصرف الزراعي المناسب إلى زيادة تركيز الأملاح والمعادن في المياه الجوفية ، كما تسبب الأسمدة الكيميائية زيادة النترات في المياه الجوفية فتجعلها غير صالحة للشرب .

٢ – آبار الحقن

آبار الحقن .. هي عبارة عن حفر عميقة تصمم على هيئة آبار تحت سطح الأرض تدفن بها النفايات .

وتستعمل آبار الحقن للتخلص من النفايات الصناعية والإشعاعية ، وغيرها من المخلفات في الطبقات الجوفية العميقة ، كتلك الحاملة للمياه المالحة .

وقد ينتج عن هذه العمليات تلوث الطبقات العلوية المنتجة لمياه الشرب نتيجة لتسرب الملوثات المحقونة عن طريق أنابيب التغليف ، أو عن طريق سريانها في إتجاه الطبقات الحاملة عبر التصدعات في الطبقات غير المنفذة.

٣ – التخلص السطحي من النفايات

حيث يتم دفن النفايات في أماكن مخصصة علي سطح الأرض . فعلـــي سبيل المثال : يتم التخلص سنويا في الولايات المتحدة الأمريكية من حوالى ٣٩٠ مليون طن من النفايات الصلبة بدفنها في أماكن على ســطح الأرض أعدت خصيصاً لهذا الغرض. كذلك يتم وضع حوالى (١٠) تريليون جـــالون من النفايات السائلة في برك تخزين سطحية. ويعد حوالي (١٠%) من هذه النفايات الصلبة والسائلة مصدر خطورة علي صحة الإنسان وبيئته ، حيــث يؤدي هطول الأمطار ، وارتفاع منسوب المياه الجوفية ، وعدم إحكام عــزل برك التخزين إلى تسرب بعض هذه المواد إلى الطبقــات الحاملــة للميـــاه العذبة.

وقد تم الكشف مؤخرا عن حالات تخلص من النفايات الكيميائية بطرق غير مشروعة وذلك بدفنها أو إلقائها في المسطحات المائية ، حيث أدت إلى تلوث المياه الجوفية .

السلوكيات التي تؤدي إلى تلويث المياه

يمكن القول بأن كل فرد يتسبب في تلويث البيئة بطريقة ما ، وبأسلوب خاص ، نتيجة ممارسات وسلوكيات خاطئة .

وسوف نتعرض في السطور القادمة لأهم تلك السلوكيات التى تقع من بعض الأفراد وتؤدي إلى تلويث المياه .

١ – إلقاء الحيوانات النافقة في مجاري المياه

من الممارسات والسلوكيات الخاطئة التي تؤدي إلى تلوث المياه ، تلك التي تمارس بواسطة بعض الفلاحين والمزارعين . ففي الريــف ، بمجــرد

موت الحيوان (سواء الدواجن أو الحمير أو غيرهـا) ، يقـوم المزارعـون بإلقاء هذه الحيوانات في مياه الترع أو النيل ، وهم يعلمون تماماً أن هـذه الحيوانات قد ماتت نتيجة إصابتها بأحد الأمراض .

ويعد إلقاء هذه الحيوانات في المياه هو المسئول عـن انتشـار هـذه الأمراض في جميع القرى والنجوع التي تمر بها مجاري هذه المياه .

٢ – استحمام الحيوانات في مجاري المياه

يلجأ بعض الأشخاص من الفلاحين ومربي الماشـية إلـى اسـتخدما مجاري المياه ، مثل الترع والأنهار كحمامـات لتنظيـف أجسـام الماشـية والخيول وغيرها من الحيوانات التي يقومون بتربيتها .

وتعد هذه السلوكيات أحد مصادر تلوث المياه بروث تلـك الحيوانـات وغيرها من البكتريا والميكروبات ، التي تتخذ من جلودها وأجسادها مـأوى لها .

وهكذا ، تصبح تلك المياه ملوثة ومصدراً لبث الأمراض للإنسان ، من خلال استخدامه لتلك المياه في الشرب أو غيرها مـن نـواحي الاسـتخدام اليومية .

٣ – التبول والتبرز في مياه الترع والنيل :

يعد التبول والتبرز في مياه الترع والنيل إحدى العـادات والسـلوكيات الأكثر خطورة ، التي يزاولها بعض أهل الريف من الفلاحين والمـزارعين . وهذا السلوك – غير الحضاري – لقضاء الحاجة والذي يصدر عـن بعـض معدومي الثقافة والتعليم ، يعد أحد مصادر تلوث الميـاه وجعلهـا مصـدرا لإصابة الناس بالعديد من الأمراض ، وأهمها وأخطرها : مرض البلهارسيا .

فعندما يقضي إنسان مصاب بمرض البلهارسيا حاجته في مجري مائي – كالترعة مثلا – فإنه يخرج مع بوله أو برازه بويضات البلهارسيا ، والتي تفقس في الماء العذب ويخرج منها يرقات تسبح في الماء ، فإذا وجدت نوعا خاصا من القواقع دخلته وتكاثرت فيه ، حيث يخرج من القوقع طور معد هو (السركاريا). فإذا ما نزل شخص سليم للاستحمام أو التوضأ من مياه هذه الترعة ، أسرع الطور المعدي (السركاريا) واخترق جلده ، وأصبح ذلك الشخص مصابا بديدان البلهارسيا، التي تمارس حياتها داخل جسم الإنسان ، حيث تبيض ويخرج بيضها مع بول أو براز ذلك الشخص المصاب عند قضاء حاجته ، وهكذا تستكمل دورة حياة تلك الديدان .

ولذلك ، يعد الاستحمام في مياه الترع أحد السلوكيات الخاطئة ، التي يتسبب عنها انتشار الإصابة بمرض البلهارسيا في الريف المصري بوجه خاص .

٤ – إلقاء المخلفات من السفن والعائمات (العوامات)

تعد المخلفات التي تلقيها السفن والعائمات أحد مصادر تلوث مجاري المياه الطبيعية ، وبخاصة البحار والأنهار . ولا يمكن التقليل من حجم هذه المخلفات وأثرها المباشر في تلويث تلك المجاري المائية . وتزداد خطورة هذا المصدر نظرا لتزايد أعداد السفن التي تجوب البحار ، وزيادة أعداد العائمات التي تنتشر – وبصفة خاصة – علي ضفاف الأنهار ذات المياه العذبة ، والتي تعد المصدر الرئيسي لمياه الشرب في الدول التي تمر بها تلك الأنهار .

ويمكن تحديد التلوث الناشئ عن السفن والعائمات في ثلاثة أنواع من التلوث ، وهي :

- التلوث الناشئ عن الزيت أو الوقود المستخدم لإدارة محركات تلك السفن والعائمات .
- التلوث بمخلفات الصرف الصحي والقمامة الصلبة ، الناتجة عن أنشطة الإنسان المختلفة ومعيشته علي سطح هذه السفن أو داخل تلك العائمات .
- التلوث بالمواد الضارة للبيئة المائية ، وذلك عن طريق تسرب جزء من حمولة تلك السفن . ويعد البترول أخر المواد التي يمكن أن تتسرب من خلال ناقلات البترول ، ويسبب تلوث البيئة المائية .

أقسام التلوث المائي

يقسم التلوث المائي إلى أربعة أقسام ، وهي :

١ – التلوث الفيزيائي :

وينشأ هذا النوع من تلوث المياه نتيجة وجود المواد العضوية وغير العضوية العالقة بالمياه ، والتي تؤدي إلى تغيير لون وطعم ورائحة المياه .

ويعد ارتفاع درجة حرارة الماء نتيجة لصب مياه تبريد المصانع والمفاعلات النووية في المسطحات المائية إحدي صور التلوث الفيزيائي والذي يعرف بـ "التلوث الحراري" . ويؤدي ذلك النوع من التلوث إلى نقص كمية غاز الأكسجين المذاب في المياه ، مما يؤدي إلى الإضرار بالأحياء المائية إلى الحد الذي قد يؤدي إلى هلاك أعداد كبيرة منها ، أو هلاكها جميعا .

وكما هو معروف ، فإن درجات ذوبان الغازات في المياه – وخاصة غاز الأكسجين (O_2) – تقل مع زيادة درجات الحرارية ويوضح الجدول (٩)

ذائبية بعض الغازات في الماء عند درجات الحرارة المختلفة وتحت ضغط واحد جوي . ويتضح من هذا الجدول أن جميع الغازات المذكورة بالجدول تقل ذائبيتها في المياه بارتفاع درجة الحرارة ، ولو أن مقدار الانخفاض في الذائبية بارتفاع درجة الحرارة ليس منتظما . وعندما ترتفع درجة حرارة المياه ، فإن ذائبية غاز الأكسجين في هذه المياه سوف تقل (كما ذكرنا) ، ولكن هذه الزيادة في درجة الحرارة تزيد النشاطات الحيوية للأحياء المائية الموجودة بتلك المياه . وبناء علي ذلك ، فهناك عمليتان متضادتان تحدثان بسبب زيادة الحرارة . وينتج عن ذلك ، ازدياد التنفس علي كميات الأكسجين القليلة الذائبة (غاز الأكسجين غاز شحيح الذوبان في الماء) والمتناقصة ، مما يسبب أضرارا بالغة لا حصر لها علي جميع الأحياء المائية .

جدول (٩) : معاملات الامتصاص لبعض الغازات في الماء عند درجات الحرارة المختلفة (سم^٣ من الغاز / ١سم^٣ من الماء عند ضغط واحد جوي .

م	درجة الحرارة / الغاز ورمزه		O°C	15°C	25°C	60°C	100°C
١	النوشادر	NH_3	1300	8.2	635	–	195
٢	كلوريد الهيدروجين	HCl	506	458	430	339	–
٣	ثاني اكسيد الكربون	CO_2	1.713	1.019	0.759	0.360	–
٤	الأكسجين	O_2	0.049	0.034	0.09	0.020	0.017
٥	النيتروجين	N_2	0.024	0.0184	0.014	0.010	0.010
٦	الهيدروجين	H_2	0.022	0.019	0.17	0.016	0.016
٧	الأرجون	Ar	0.058	0.040	0.031	–	–

٢ – التلوث الكيميائي

وينتج هذا النوع من التلوث عن وجود كميات زائدة من الأملاح المذابة والأحماض والقلويات والفلزات والمواد العضوية والأسمدة والمبيدات . فالفلزات – مثلا – يذوب معظمها في الماء إلى حد ما ، ومنها ماهو سام ، مثل : الباريوم والكادميوم والرصاص والزئبق . أما الفلزات غير السامة فتشمل : الكالسيوم والماغنسيوم والحديد والنحاس والصوديوم ، وتسبب زيادتها بعض الأمراض للإنسان . فزيادة تركيز الصوديوم – مثلا – تجعل الماء غير مستساغاً ، وتؤدي إلى مخاطر صحية لمرضي القلب والكلي ، كما تؤدي إلى تسمم النباتات .

ويبلغ عدد العناصر والمركبات الكيماوية المصنعة في نطاق واسع ، والتي تعد من المنتجات السامة ، أكثر من خمسمائة نوع . ولذلك ، سوف نقتصر الحديث هنا عن المخلفات الصناعية كملوثات وأثارها القاتلة علي الكائنات الحية، وخاصة الإنسان ، حيث إن هذه المواد تؤثر علي نمو وتكاثر تلك الكائنات . كما أن العديد من هذه العناصر والمركبات الكيميائية له قابلية التراكم في أجسام الكائنات الحية ؛ أي أن الكائن الحي لايستطيع التخلص من الكميات التي قد تكون ضئيلة جدا وغير سامة عند هذا التركيز . وباستمرار التعرض لهذا الملوث يزداد تركيزه في جسم الكائن الحي حتي يصل إلى درجة السمية . والتسمم قد لايحدث للكائن المركز لهذه السموم ، ولكن لكائن آخر يعتمد عليه في السلسلة الغذائية .

ومن الملوثات الكيميائية الناتجة عن عمليات الصناعة عنصر الزئبق . فالمصدر الرئيسي للتلوث بالزئبق هو النفايات الناتجة من خلايا التحليل الكهربي في صناعة هيدروكسيد الصوديوم وغاز الكلور . وتعد كمية

النفايـــــــات الناتجـــــــة ضئيلـــة جـــــــدا ، حيـــــث تبلـــــغ (٠,١) ملي جرام/ لتـــــر في الماء المهـــــدور (waste water) ، كمـــا أن هذه الكمية تخفف أكثر بعد صبها في النهر (المجري المائي) ، ولقد وجد أن الأحياء الدقيقة تحول الزئبق غير العضوي إلى كاتيون ميثيـــل الزئبـــق. وهذا المركب يتحد بشدة مع البروتينات الموجودة في الجسم عـــن طريـــق مجموعة (SH–) التي توجد بها ، وهذا يؤدي إلى تركيزها فـــي السلســـلة الغذائية . ومن هنا ، يتضح ان مجرد تخفيف النفايات السامة قبل صبها في المياه قد لا يحـــــل مشكلة التلوث .

والتسمم بالمركبات غير العضوية للزئبق يؤدي إلى حدوث خلل عصبي ، يسمي "رعشة هاتر". أي "رعشة القبعة" . ويرجع هـــذا الاســـم إلـــى أن الزئبق كان يستعمل كعامل مساعد في صناعة حشو القبعات . أما التعـــرض لعنصر الزئبق فيؤدي إلى الصداع والرعشة والتهـــاب المثانـــة ، وفقـــدان الذاكرة .

أما مركبات الزئبق العضوية ، وخاصة : ميثيل الزئبق ، فهـــو أكثـــر سمية لسهولة نفاذيته خلال الأغشية ، حيث يتركز في الدم ، ويـــؤثر علـــي العقل والجهاز العصبي المركزي .

ونذكر هنا كارثة "ميناماتا" في اليابـــــان في عام ١٩٥٢ ، والتي مات فيها أكثر من ٢٥ شخصا ، واصيب المئات الآخرون بضـــرر دائـــم . وقـــد أتضح ان سبب ذلك هو إعتماد أفراد هذه القرية في غذائهم على الأســـماك التـــي كانـــت تحتـــوي علـــي تركيـــزات مرتفعـــة مـــن مركـــب الزئبـــق (CH_2HgSCH_3) ، وكان مصدر الزئبق هو مصنع محلي يستعمل أمـــلاح [Hg(II)] كعامل حفاز في تحضيرالاسيتيلين من الاسيتالدهيد ، حيث كـــان

يصب ذلك المصنع مخلفاته ونفايته في مياه البحيرة المجاورة ، مما تسبب في تلويث الأسماك التي تعيش في تلك البحيرة بمركبات الزئبق السامة .

وكذلك ، فإن الكادميوم (Cd) يعد من أخطر الملوثات لتشابهة مع الزئبق في أن له خواص تراكمية في أجسام الكائنات الحية ، حيث يتجمع في "كلي " الإنسان . كما أن هذا العنصر ومركباته يتحد مع مجموعة (SH-) في السيستين الموجودة في البروتين . ولذلك ، فهو يثبط نشاط الإنزيمات المحتوية على المجموعة (SH-) .

والرصاص ومركباته من الملوثات ذات الأثر التراكمي المميت والقاتل . ويعد الرصاص ومركباته من المواد السامة ، حيث أنه يتحد عن طريق مجموعات أكسو (OXO-gorups) التي توجد في الإنزيمات في جميع خطوات تخليق الهيم . وهو كذلك عامل مثبط لوظائف العديد من الإنزيمات . كما أنه مثبط لعمليات تخليق البروتين وذلك بتغيير طبيعة الـ (Transfer-RNA) . و كذلك يمكن للرصاص أن يكون متراكبات عن طريق الاتحاد بمجموعة (SH-) في الأنزيمات التي تحتويها ، وإن كانت درجة الاتحاد أقل حدة من حالات الزئبق والكادميوم .

ومن أعراض التسمم بالرصاص : المغص ، والمغص الكلوي ، والتشنج ، والصداع ، والأنيميا . كما يؤدي التسمم بالرصاص إلى حدوث خلل في المراكز العصبية. ومن طرق معالجة التسمم بالرصاص استعمال الكلابيات (Chelates) التي تكون متراكبات مع الرصاص ، مثل : (EDTA) .

والزرنيخ مثل باقي المعادن الثقيلة الأخرى ومركباتها ، فإن له تأثير ضار وسام على الكائنات الحية . والزرنيخ يدخل في عديد من الصناعات،

ومن أهمها: صناعة المبيدات ؛ حيث تستخدم مركبات الزرنيخ كمبيد للأعشاب وللحد من الحشرات والحيوانات الضارة .

وفي الحقيقة ، فإن ما يزيد من حدة تأثير هذه المواد أنها تتراكم في جسم الكائن الحي ، وذلك بالاتحاد مع جزيئات البروتين والإنزيمات عن طريق المجموعات الوظيفية ، مما يؤدي إلى حدوث خلل في الوظائف الحيوية بجسم الإنسان ، مما قد يؤدي إلى موته .

٣ – التلوث الحيوي (البيولوجي)

وينشأ هذا النوع من التلوث نتيجة الإصابة بالملوثات الحيوية كالبكتيريا والفيروسات والطفيليات التي تسبب عديد من الأمراض والأوبئة . ومصدر هذه الملوثات فضلات الإنسان والحيوان ، حيث تنتقل هذه الملوثات إلى مجاري المياه من خلال الصرف الصحي أو الصرف الزراعي ، حيث تؤدي إلى إصابة الإنسان بأمراض عديدة ، مثل : الكوليرا وغيرها .

٤ – التلوث الإشعاعي :

في النصف الثاني من القرن العشرين الميلادي أزداد استخدام الطاقة النووية في أغراض متعددة ، مثل : استعمال النظائر المشعة في الأغراض العلاجية والبحثية والصناعية ، وما يصاحب ذلك من تسرب إشعاعي .

والمواد المشعة لها عواقب وخيمة علي الأحياء كافة ، حيث تكون المواد التي لها نصف عمر قصير (ثوان أو دقائق أو أيام ذات خطورة وقت إنتاجها ، ولكن ليس لها تأثير طويل المدى على البيئة . أما المواد المشعة ذات أنصاف الأعمار الطويلة (شهور أو سنين) ، فلها خطورة طويلة المدي علي البيئة ، وتعد أخطر أنواع المواد المشعة علي الإطلاق .

وقد الوقت الحالى ، ينحصر الاهتمام والقلق بصورة رئيسية حول التأثير البيئي للمواد المشعة والنفايات المشعة (Radioactive wastes) الناتجة من استخدامات اليورانيوم . واليورانيوم مادة مشعة توجد في الطبيعة ، ولها نصف عمر يقدر بملايين السنين .

ولقد بدا الاهتمام بالتلوث الإشعاعي بعد الازدياد الكبير في استعمال الطاقة النووية مما أدي إلى ازدياد النفايات المشعة وتصريف بعضها في مجاري المياه أو تسربها إلى مياه الشرب عن طريق المياه الجوفية ومياه الأمطار ، ولذلك ، فإن النفايات المشعة السائلة (Liquid waste) الناتجة من تشغيل المفاعلات النووية ، والنفايات الناتجة عن استعمال النظائر المختلفة ، والمتساقطات (الهطل) المشع من اختبارات الأسلحة النووية ، قد أضاف كميات محسوسة من الإشعاعات فوق الخلفية الطبيعية .

ومن أهم المصادر (غير الطبيعية) للتلوث الإشعاعي ما يلي :

- استخراج الخامات .
- التفجيرات النووية .
- المفاعلات النووية .
- توليد الطاقة الكهربائية باستعمال الطاقة النووية .

طرق مكافحة تلوث المياه

وفي ضوء ما سبق ، كانت أهمية وضرورة المحافظة علي المياه وحمايتها وصيانتها من جميع أنواع صور وأشكال التلوث التي يمكن أن تصيبها .

ويمكن تحقيق ذلك من خلال ما يأتي :

١ – عمل الاحتياطات اللازمة لمنع تسرب مياه الصرف الصحي إلى مياه الشرب أو مصادر المياه الطبيعية ، مثل : الأنهار . كذلك عدم إلقاء مياه الصرف الصحي في مجاري المياه العذبة ، وتجريم ذلك قانونا ، وتحريم هذا السلوك.

٢ – التشديد على عدم صرف مخلفات المصانع ، سواء كانت سائلة أم صلبة أم غازية إلى المسطحات المائية . قبل معالجتها بطريقة مناسبة ، للإقلال من الآثار التلويثية لها علي تلك المسطحات .

٣ – الاهتمام بتنقية مياه الشرب والمياه التي تخلط مع الأغذية أثناء التصنيع ، وحتمية مطابقتها للشروط الصحية في هذا الشأن . وكذلك ، الاهتمام بخزانات مياه الشرب بأسطح المنازل ، ومتابعة صيانتها وتنظيفها بطريقة دورية .

٤ – تحريم إلقاء الحيوانات الميتة في مجاري المياه ، وبخاصة العذبة منها ، مثل : الأنهار ، وتجريم ذلك السلوك .

٥ – عدم إلقاء القاذورات والمخلفات والمواد الصلبة والبلاستيكية في مجاري المياه .

٦ – نشر الوعي الصحي بين الفلاحين ، وجذب الانتباه إلى ضرورة عدم تلويث مجاري المياه بفضلات الإنسان ، لما لهذه العادة السيئة من أثر سئ في تلويث المياه ، وجعلها إحدي وسائل انتقال العدوي بالأمراض الخطيرة ، مثل : البلهارسيا والكوليرا .

٧ – نشر الوعي الصحي بين المزارعين ، والتنبيه عليهم بضرورة عدم غسل آلات ومعدات رش المبيدات الحشرية في مياه الترع والقنوات .

٨ – عمل الاحتياطات اللازمة في أثناء سير ناقلات البترول العملاقة في المجاري المائية ، وسرعة التحرك فيما لو حدث تسرب نفطي من

إحدي هذه الناقلات ، لتلافي الأخطار البيئية – أو التقليل منها قدر الإمكان – الناشئة عن تلوث المياه بالنفط .

٩ – اتخاذ كافة الإجراءات اللازمة نحو تطبيق القانون الخاص بحماية المجاري المائية من التلوث ، وبخاصة الأنهار .

١٠ – إنشاء مراكز قياسات ثابتة علي المجاري المائية ؛ لمراقبة التلوث الذي يطرأ علي هذه المجاري .

١١ – ضرورة عمل صرف خاص بمخلفات المعامل العلمية ، وبعض المصانع ، مثل : مصانع الكيماويات والأسمدة والبطاريات ، حيث تجمع تلك المخلفات في أماكن خاصة ، ويتم معالجتها ، ثم تصريفها إلى المناطق الصحراوية بعيدا عن مجاري المياه الطبيعية .

١٢– مكافحة جميع صور التلوث الأخرى ، فالهواء الملوث بأكاسيد النيتروجين والكبريت مثلا ، يؤدي إلى تكوين "المطر الحمضي" ؛ الذي يتسبب بدوره في تلويث المسطحات المائية .

١٣ – تجريم ما تقوم به بعض الدول المتقدمة من إلقاء مخلفاتها الصناعية والنووية بالقرب من سواحل بعض البلاد النامية ، وفي مياهها الإقليمية .

١٤ – تجريم استخدام مجاري المياه ، مثل : الأنهار "كحمامات" لتنظيف أجسام الحيوانات ، وفرض الغرامات المناسبة على مرتكبي هذه السلوكيات .

١٥ – يجب عدم التبول أو التبرز أو الوضوء أو الاستحمام أو غسل الأواني أو الملابس في مياه الترع . كذلك يجب عدم السير حفاة الأقدام في أراضي مروية بمياه الترع .

التلوث الإشعاعي

يقصد بالتلوث الإشعاعي وجود قدر من المواد المشعة المصنعة في البيئة سواء في التربة أم في مواد المسكن أم في الهواء أم في الطعام والماء ، ويقصد بالمواد المشعة المصنعة تلك المواد التي انتجها الإنسان باستخدام المعجلات أو المفاعلات النووية ليستخدمها في توليد الطاقة من المصادر النووية أو في الإغراض الطبية أو الصناعية أو الزراعية أو غيرها ، وهذه تختلف عن المواد المشعة الطبيعية التي خلقها الخالق سبحانه وتعالي في البيئة التي نعيش فيها وتتمثل أساسا في نظائر اليورانيوم والثوريوم ونواتج تفككها وفي البوتاسيوم ، ويتفاوت تركيز هذه المواد الشمعة الطبيعية في البيئة تفاوتا كبيرا وقد تسبب أخطار إشعاعية فادحة للبشر الذي يقطنون تلك البيئة إلا إن هذه المواد لا تندرج ضمن مواد التلوث الإشعاعي لأنها طبيعية وليست مصنعة واشعاعها في جو الأرض مقدر من عند الله سبحانه وتعالى من غير ضرر علي البشرية يقول تعالى " وكل شئ خلقناه بقدر " ... صدق الله العظيم .

مصادر التلوث الإشعاعي

١- التفجيرات الجوية

تعتبر التفجيرات الجوية من الأنشطة المساهمة في التلوث الاشعاعي للبيئة ففي خضم سباق التسلح في العالم تمت سلستان من تجارب التفجيرات النووية في الجو ، وكانت السلسلة الأولي في الخمسينيات من القرن

العشرين عندما قامت كل من الولايات المتحدة الأمريكية والاتحاد السوفيتي -حينذاك- والمملكة المتحدة بإجراء عدد كبير من تجاب التفجيرات النووية ، وتمت السلسلة الثانية التي كانت أعظم أثرا في تلوث البيئة في بداية الستينات من نفس القرن .

وحتى عام ١٩٨٠ بلغ عدد التفجيرات النووية جو الأرض حوالي ٤٥٠ تفجيرا شكل في مجملها قوة تدميرية هائلة بلغت ٥٤٥ ميجاطن من المواد شديدة الانفجار .

وبعد عام ١٩٨٠ أصبحت جميع التجارب النووية تجري تحت سطح الأرض ، ولقد تم اجراء ١٠٠٠ تفجير نووي تحت سطح الأرض وحتى عام ١٩٩٠م. وبذلك يكون اجمالي القدرة التدميرية التي اجريت منذ بدء التجارب النووية في الجو وتحت سطح الأرض هو ٦٢٥ ميجا طن وهذا المقدار ضئيل بالنسبة لترسانة الاسلحة النووية في العالم وتبعا لنوع التفجير النووي تتولد كمية هائلة من نواتج الانشطار المشعة وتتساقط فضلات الانشطار علي سطح الأرض وتعلق غالبية النواتج المشعة اي الطبقة السفلي من الغلاف الجوية حيث تحمل الرياح هذه النواتج المشعة إلي جميع ارجاء الكرة الارضية عند نفس الارتفاع تقريبا ومع الانتقال يتساقط جزء من هذه المواد علي سطح الأرض بالتدريج ويندفع الجزء الاخر من هذه المواد المشعة إلي الطبقة التالية بارتفاع ١٠ - ٤٠كم حيث تبقي شهورا طويلة وتعود فتتساقط علي سطح الأرض من جديد .

وتتضمن الأنواع المختلفة من التساقط الذري هذه الناتجة عن التفجيرات النووية كثير من المواد الملوثة من أهمها الكربون والسيزيوم

والزركونيوم والسترونشيوم والسلينيوم واليود الذي ينطلق بكميات هائلة عن التفجيرات الانشطارية .

٢ - التفجيرات الأرضية :

ينتج عن التفجيرات التي تجري تحت سطح الأرض عند مئات من المواد المشعة إلا إنها لاتخرج من باطن الأرض وتبقي حبيسة هناك باستثناء اليورانيوم ١٣١ المشع اليوم ١٣١ المشع الذى تخرج منه نسبة ضئيلة إلي سطح الأرض فتلوثه .

دورة الوقود

يكمن المصدر الثالث للتلوث الإشعاعي للبيئة في مفاعلات إنتاج القوي الكهربائية وفي منشآت دورة الوقود النووي المرتبطة به سواء بسبب التشغيل الروتيني الذى يمثل نسبة ضئيلة من التلوث أو بسبب وقوع الحوادث النووية في هذه المنشآت وتمثل النسبة ألكبري للتلوث الاشعاعي ويمكن إن تنطلق إلي البيئة كمية من المواد المشعة الملوثة في كل مرحلة من المراحل المختلفة لدورة الوقود وهي :

المرحلة الاولي : ويتم فيها استخراج اليورانيوم من الأرض حيث يتم استخراج نصف الخام منه من المناجم المفتوحة والنصف الاخر من مناجم في باطن الأرض . ويخزن الخام في كلا الحالتين بالقرب من المطاحن التي تسهم بالقرب الأكبر من التلوث نتيجة لكبر حجم المخلفات التي تنتج عنها .

المرحلة الثانية : ويتم فيها معالجة اليورانيوم بعمليات تنقية وعمليات اثراء لزيادة نسبة اليورانيوم وينتج عن هذه العمليات انطلاق

كميات قليلة نسبيا من لنويدات المشعة للبيئة وغالبـا مـا تكون في شكل سائل أو غاز .

المرحلة الثالثة : ويتم فيها تكوين بضع مئات من النويدات الشمعة دخل قلب المفاعل اثناء التشغيل الروتيني نتيجة لعمليـات الانشـطار والتشعيع ، وتتفاوت كمية هذه النويدات المشعة داخل قلب المفاعل تبعا لنوعية وقدرته وزن تشغيله ويبلـغ مخـزون النويدات المشعة بعد فترة تشغيل كافية داخل مفاعلات الماء المضغوط أو مفـاعلات المـاء الخفيـف بقـدرة ١٠٠٠ ميجاوات حوالي ١ × ١٠ ^١٩^ بيكـرل وحتـى ٤ × ١٠ ^١٩^ بيكرل .

المرحلة الرابعة : وتبدأ باعادة معالجة الوقود المستهلك لفصل اليورانيوم والبلوتنيوم الناتجين لاعادة استخدمهما ويتم هذا العمل في عدد محدود من المصانع في العالم أهمها في فرنسا والمملكة المتحدة وتؤدي اعادة معالجة الوقود إلي انطلاق كميات من النويدات المشعة للبيئة وبعض المواد الاخري التي تصدر جسيمات بيتا والفا .

المرحلة الخامسة : وتتمثل في التخلص من النفايات المشعة عالية المستوى الإشعاعي بعد عمليات الفصل التي تتم في المرحلة الرابعة وحتى الآن لم يتم التخلص من هـذه النفايـات الخطيـرة ومازالت السلطات الوطنية تختزنها بحثا عن انسب الطرق للتخلص منها .

الحوادث النووية

تحدث انطلاقات وتسربات كبيرة للمواد المشعة إلي البيئة نتيجة لوقوع حوادث نووية في المفاعلات أو المصانع المختلفة . الناجم عن هذه الحوادث سوف نستعرض اهم الحوادث التي حدثت ومقدار التسرب الناتج من المواد المشعة الملوثة للبيئة في كل منها وذلك علي النحو التالي :

وذلك كالتي حدثت في كل من :

١ – كيشيتم ١٩٥٧م بجنوب جبال الاورال بروسيا وقد وقع في مصنع عسكري لاعادة المعالجة .

٢ – مفاعل وندسيكل بالمملكة المتحدة عام ١٩٥٧.

٣ – مفاعل ثري مايل آيلند بالولايات المتحدة ١٩٧٩

٤ – مفاعل تشرنوبل باكرانيا عام ١٩٨٦ .

وغيرهما من حوادث المفاعلات في الدول النووية . ويعتبر التلوث الإشعاعي الناجم عن توليد القوي النووية ودورة اوقود والحوادث المرتبطة بها غير قاصر علي منطقة المنشأة النووية فحسب وانما يتعداها إلي حدود بعيدة تصل إلي عدة الاف من الكيلومترات .

وأيضا حوادث نووية ادت إلي حدوث تلوث إشعاعي للبيئة بالرغم من انها غير مرتبطة بانتاج الطاقة ومنها :

١ – حادث تصادم طائرتين حربيتين في اسبانيا عام ١٩٦٦ تحملان قنبلتين اندماجيتين (هيدروجينيتين) حيث أدي الحادث إلي احتراق القنبلتين وانتشار اليورانيوم والبلوتونيوم في منطقة واسعة من الأرض وتلوثها بشدة.

٢ – حادث تصادم لطائرة كانت تحمل أربع قنابل نووية في جريلاند عام ١٩٦٨ حيث حديثت الانفجارات في الجليد .

٣ – حادث احتراق القمر الصناعي عام ١٩٦٤م اثناء عودته للغلاف الجوي فانصهر البلوتونيوم المستخدم فيه كمصدر للطاقة .

٤ – حوادث سقوط الاقمار الصناعية علي ساحل كاليفورنيا عام ١٩٦٨، وفي المحيط الهادي عام ١٩٧٠ وما تلاهم من حوادث سقوط الأقمار الصناعية علي الأرض .

وهناك حوادث اشعاعية اخري ملوثة للبيئة حدثت علي الأرض من جراء الاستخدامات الطبية والصناعية علي سبيل المثال ما يلي :

١ – حادثة جواريز بالمكسيك عام ١٩٨٣ حيث تم التخلص من مصدر كوبلت ٦٠ من عيادة طبيب بطريقة خاطئة فسلك المصدر طريقه مع نفايات الخردة التي دخلت في تصنيع منتجات من الصلب وتعرض عدد من البشر يتراوح ما بين ٣٠٠ إلي ٥٠٠ فرد لجرعات اشعاعية عالية.

٢ – حادث اختبار لحام الانابيب في الحمدية بالمغرب عام ١٩٨٤ حيث سقط مصدر ايريديوم ١٩٢ يستخدم في تصوير واختبار لحام الانابيب من مكانه إلي الأرض فالتقطه احد المارة وأخذه معه إلي المنزل باعتباره قطعة معدنية وكانت النتيجة موت افراد الاسرة الثمانية جميعا بسبب التعرض الإشعاعي .

٣ – حادث جانيا بالبرازيل عام ١٩٨٧ والذي نتج عن مصدر سيزيوم ١٣٧ يستخدم للاغراض الطبية حيث فتح المصدر عند انتقاله للنفايات وتلوثت منطقة بأكملها بالسيزيوم ووصل مسحوق السيزيوم إلي داخل

أجسام عدد كبير من البشر وراح ضحيته ٤ افراد بخـلاف انقـاذ ٥٤ شخصا تعرضوا لجرعات اشعاعية .

٤ – حوادث عديدة من هذا النوع حدثت في اماكن متفرقة من العـالم فـي الحروب مثل حروب الخليج في التسعينيات من القرن العشرين .

مسالك المواد المشعة إلي الإنسان

يمثل التلوث اكبر المخاطر عند تساقط المواد المشعة بتركيز عالي في الأراضي الآهلة بالسكان ويؤثر إما بطريقة مباشرة بسبب تعرض الإنسـان للاشعاعات الصادرة عن هذه المواد وإما بطريقة غير مباشرة عن طريـق انتقال هذه المواد المشعة إلي داخل جسم الإنسان مـع السلسـلة الغذائيـة والماء والهواء . فعند تساقط المواد المشعة علي النباتات أو التربـة التـي تزرع عليها فإنها تنتقل في النهاية إلي الإنسان .

ويتفاوت تركيز المواد المشعة المختلفة في الأنـواع المختلفـة مـن النباتات كما يتفاوت تركيز هذه المواد في الأعضـاء البشـرية والحيوانيـة المختلفة . فعلي سبيل المثال يلاحظ إن البقول تركز السيزيوم بنسب عالية . كذلك تتركز المواد المشعة المختلفة في الحيوانات المختلفة بنسب متفاوتة ، فنجد مثلا إن الماعز وحيوانات الرنة أكثر تركيزا لـبعض المـواد المشـعة مقارنة بالابقار في حين يلاحظ إن الدجاج يعد من اقل منتجات اللحوم تركيزا لهذه المواد خاصة السيزيوم .

وتنتشر المواد المشعة في البيئة في شكل املاح قابلة للذوبان فى الماء فى معظم الاحيان . وعند دخول هذه الاملاح سواء عن رطيـق البلـع مـع

الغذاء أو عن طريق التنفس مع الهواء تنتقل إلي الدم من خلال عملية الامتصاص الغذائي أو من خلال عملية تبادل الغازات في الرئتين . وتنتقل المواد المشعة الذائبة في الماء مع الدم عبر الدورة الدموية إلي جميع اعضاء وانسجة الجسم وتتوزع عليها . وتقوم الاعضاء والانسجة المختلفة بتركيز تلك المواد بنسب متفاوتة . فمثلا يتركز السيزيوم أساسا في الانسجة العضلية كما يفرز بنسب عالية مع الالبان سواء كانت ألبان الماشية ام لبن الام المرضعة . إما عنصر السترونشيوم ٩٠ فيتركز على اسطح العظام محدثا تلفا كبيرا للنخاع العظمي الاحمر مما يؤثر علي إنتاج كريات الدم البيضاء . واما اليود المشع فيتركز بدرجة عالية في الغدة الدرقية وفي حين يتركز عنصر البلوتونيوم في الكبد والعظام وتتركز املاح اليورانيوم في الكلي والكبد .

لقد اهتمت الهيئات العلمية والدولية خاصة اللجنة العلمية للأمم المتحدة المعنية باثار الاشعاع المؤين واللجنة الدولية للحماية من الاشعاع بمخاطر التلوث الإشعاعي وقد تمكنت هذه الهيئات من جمع كم هائل من البيانات حول حجم الانطلاقات المختلفة إلي البيئة من كثير من المصادر المنتجة للتلوث الإشعاعي وحول نتائج القياسات الاشعاعية والمسح المستمر لتركيز المواد المشعة في البيئة ، وقد تمكنت هذه الهيئات من تقويم الأخطار ومازالت هذه الهيئات تعمل من اجل تقويم المخاطر بطريقة اشمل بعد إن توفر جميع الدول البيانات الحقيقية والدقيقة وحجم الانطلاقات الواقعة .

الاثار الوراثية للتلوث الاشعاعي

إن للإشعاع اثارا وراثية ، وتنقسم الاثار الوراثيـة إلـي مجمـوعتين رئيسيتين تحدث الاولي نتجية وقوع خلل في الكروموسـومات يتمثـل فـي حدوث تغيير عددها أو تركيبها اما المجموعة الثانية فتنـتج عـن حـدوث طفرات في المورثات ذاتها .

ومن الجدير بالذكر انه عندما يتعرض الذكور فقـط لجرعـة مكافئـة مقدارها ١ سيفرت من الاشعاعات المنخفضة فانه يترتب علي ذلك حدوث ما بين ١٠٠٠ إلي ٢٠٠٠ طفرة حادة وما بين ٣٠ إلي ١٠٠٠ اثر حادث ناتج عن خلل في الكروموسومات وذلك في كل مليون ولادة في حـين ان عـدد الطفرات يتراوح ما بين صفر إلي ٩٠٠ لكل مليون ولادة في حين يتـراوح عدد حالات خلل الكروموسومي ما بين صفر إلي ٣٠٠ حالة لكـل مليـون ولادة في النساء .

كما أن التعرض المستمر للإشعاع لمدة جيل واحد يـؤدي إلـي نحـو ٢٠٠٠ حالة حادة من الامراض الوراثية لكل مليون مولـود تعـرض احـد ابوية للإشعاع .

تم تأسيس اللجنة الدولية للحماية الاشعاعية عام ١٩٢٨ حيـث التـي قامت باصدار توصياتها في وضع مواصفات العمل فـي مجـال الاشـعاع . واستمرت هذه اللجنة إلي يومنا هذا فـي تطـوير التعليمـات والتوصـيات الخاصة بكل ما يتعلق بالإشعاع مع غيرها من الهيئات الدولية والوطنية مثل الهيئة الدولية لوحدات الاشعاع وقياسه والوكالة الدولية للطاقة الذرية والتي يرأسها الان (عام ٢٠٠٥م) ومنذ اكثر من اربع سـنوات العـالم المصـري

الاستاذ الدكتور/ محمد البرادعي ، كما قامت منظمة الامم المتحدة بانشاء اللجنة العلمية لتأثير الاشعاع الذري ومنظمة العمل الدولية ومنظمة الصحة العالمية ولقد لقي الاشعاع وتأثيراته وطرق الوقاية منه اهتماماً كبيراً .

وحماية الإنسان والبيئة من التأثيرات الضارة للإشعاع ، الجسدية منها والوراثية . مع السماح للاستخدامات المفيدة للإشعاع والمواد المشعة بالاستمرار هو هدف الهيئات السابق ذكرها ولقد تم وضع البرامج الخاصة للحماية من الاشعاعات والتي تهدف الي

١ – تبرير الاعمال التي تتضمن التعرض للاشعاعات .

٢ – تقليل حدوث التأثيرات التي تتولد في الشخص المتعرض للإشعاع كاحمرار الجلد والحروق الاشعاعية والمرض الإشعاعي وفقد المناعة.

٣ – تخفيض حدوث التأثيرات التي لايوجد لها حد آمن من التعرض الإشعاعي ، لهذا لايمكن اعتبار أي تعرض للإشعاع مهما قل بأنه آمن إلا إن خطورته ويزداد احتمال ظهور تلك التأثيرات مع ازدياد جرعة الاشعاع .

. الجرعات الاشعاعية

لقد قامت الهيئة الدولية للحماية الإشعاعية عام ٧٧ بإصدار توصياتها بوضع نظام لتحديد الجرعات الإشعاعية للإنسان . وتشتمل الجوانب الرئيسية لنظام تحديد الجرعة الاشعاعية علي الآتي :

١ – التبرير :

يجب إلا يتم القيام باي عمل في ميدان الاشعاع أو تتم الموافقة عليه مالم تحققه منه منفعة ايجابية .

وعلى ذلك يمكن تبرير العمل المتضمن التعرض للإشعاع بدراسة مزاياه ومساوئه للتأكد من إن الضرر الكلي الذي ينتج عن العمل المقترح يكون اقل بصورة من مزايا استخدامه . فإذا فرض أن :

الفائدة الصافية (أ) والفائدة الكلية (ب) وكلفة الإنتاج (جـ) وكلفة الحصول علي مستوي مختار من الوقاية (د) وكلفة الضرر الناتج عن التشغيل أو الإنتاج والتخلص من الإنتاج (هـ) . فيمكن وضع معادلة الضرر والفائدة علي النحو التالي :

أ = ب – (جـ + د + هـ)

وتعتبر حساب الحدود في المعادلة المذكورة لغرض التقدير المطلق اللازم لتبرير العمل بالاشعاعات ليس سهلا لذلك يتم اللجوء الي التقدير النسبي الذي يتم بالمقارنة مع مبررات الطرق البديلة عن الاشعاع .

٢ – الحالة المثلي للحماية الاشعاعية :

إن جميع حالات التعرض للإشعاع في أي مجتمع يجب خفضها إلي اقل قدر ممكن ، ولمعرفة ما إذا كان خفض التعرض للإشعاع قد تم بصورة معقولة ام لا فإن من الضروري الاخذ في الحسبان الموازنة بين زيادة الفائدة من هذا الخفض وزيادة التكاليف . ولزيادة الفائدة الصافية إلي اقصي قدر ممكن يؤخذ تفاضل معادلة التكلفة والفائدة بالنسبة لمتغير غير معتمد يعرف بالجرع المكافئة المتجمعة .

تعتبر الحماية من الاشعاع مثالية عندما يكون مجموع تكاليف الوقاية (د) وتكاليف الضرر من الاشعاع (ب) اقل ما يمكن ويساعد في عملية التقويم المستند إلي معادلة التفاضل المشار اليها وضع قيمة نقدية للجرعة المتجمعة .

وبالتالي عند تصميم مصادر الاشعاع ووضع خططا استخدامها وتشغيل المنشأة ينبغي إن يكون تقليل بطريقة التعرض للإشعاع مع الأخذ في الحساب العوامل الاقتصادية والاجتماعية للمجتمع .

معالجة الطوارئ الاشعاعية :

الطارئ الاشعاعي هو أي حالة تؤدي إلي خطر إشعاعي غير متوقع ، كما حدث في حادث مفاعل تشرنوبل سنة ١٩٨٦ وقد يحدث الطارئ الاشعاعي للأسباب الاتية :

١ – انفجار الحواجز الواقية ، حيث يؤدي إلي مستويات عالية من الاشعاع .

٢ – انفجار الوعاء الحاوي ، حيث يؤدي إلي انطلاق المواد المشعة .

٣ – التولد السريع لمصدر مشع كبير مع مستويات عالية من الاشعاع .

وما سبق أن ذكرناه قد ينجم لاسباب تقليدية مثل خلل ميكانيكية أو حريق أو فيضان أو حادث نقل أو عوامل بشرية أو غيرها .

ومن الامور الهامة اكتشاف اية حالة غير طبيعية في المنشأة الاشعاعية وبسرعة فإذا ما اكتشف مثلا حادث فقدان حواجز واقية مباشرة وتم الاخلاء الفوري فان الجرعة المتعرض لها العاملين ستكون صغيرة جدا اما اذا كان عمال التشغيل ممن هم عرضة للإشعاع ليس علي دراية بالحادث فقد يتعرضوا لجرعات عالية جدا قد تكون قاتلة أو على الاقل مسببة للأمراض السرطانية .

وينبغي التخطيط المسبق للتعامل مع حالات الطوارئ في مرحلة التصميم لأي منشأة نووية .

الباب السابع

طرق مواجهة التلوث

وهكذا، وكما رأينا من خلال الفصول السابقة، أن الإنسان قد أفسد كـل شـــئ.. ولوث كل شئ.. ولم شئ.. إلا .. وقد شابه شئ من التلوث والفساد. وكانت ذريعة الإنسان في ذلك أنه يطور من أنماط حياته ليساير البيـــئة الـــتى يعيش فيها، ولكنه نسى أو تناسى وهو في سبيله لذلك، أن للطبـــيعة نوامـــيس ســـنها الخالق عز وجل، وأن الإخلال بتلك النواميس يـــؤدى إلـــى تحولات كبيرة في المناخ والطقس تنعكس آثارها على ألوان الحياة كلها.

وقـــد بـــدأ الإنسان يستشعر الآن ويدرك مخاطر ما اقترفه في حق بيئـــته، وفى حق المخلوقات الأخرى التى تشاركه فى ذلك الكون الفسيح. وبقـــدر ما استطاع من أن يحدد المشكلة وأبعادها الخطيرة، إلا أنه مازال عاجزاً عن مواجهتها أو الحد من خطورتها والتغلب عليها.

لقد إستشرى خطر التلوث، وأصاب كل شئ ولم يبق شئ لم يصبه الـــتلوث. لقـــد أصبح التلوث فيروس ذلك العصر، فيروس ينتشر وينتشر بســـرعة مذهلـــة ليصيب الجميع، مسبباً وباء، لا تدرى كيف نواجهه؟! ونحـــن الذيـــن ســـاعدنا علـــى وجوده وسرعة إنتشاره، عندما هيأنا له الأجـــواء المناسبـــة. فالتلوث فيروس فتاك لا يميز، ولا يدرك، فهو يحطم كل ما يصل إليه أو يلامسه أو يلقى عليه بظلاله.

ولـــيس أمامـــنا الآن سوى محاولة مكافحة ذلك التلوث والحد من خطورتـــه. فنحن جميعاً – وهذا قدرنا – رفقاء سفر واحد على ظهر هذه

الأرض، الــتى تعتــبر وســيلة سفرنا الطويل، وأى عبث في تلك الوسيلة يعرض الجميع لأخطار جسيمة، قد تؤدى لهلاكنا جميعاً. ولذلك لا خيار لنا شــئنا أم أبينا، إلا أن نعمل معاً ونتعاون سوياً، حتى نصل إلى غايتنا، وقد إستمتعنا برحلتنا، وحافظنا على وسيلتنا.

ويمكن تقسيم طرق مواجهة التلوث إلى طرق ثلاثة :

الأولى : طرق وقائية.   الثانية : طرق علاجية.   الثالثة : طرق بديلة.

الأولى : الطرق الوقائية

هــى تلــك الطــرق التى يمكن من خلالها منع حدوث التلوث بأى صــورة مــن صــوره المخــتلفة؛ أى تمنع وقوعه أصلاً. وتعد أهم طرق مواجهــة الــتلوث علــى الإطلاق، حيث أن منع حدوث التلوث هو الهدف الحقــيقى. وهــى تشمل مجموعة من التدابير التى تتفق عليها الدول في شــكل أحكــام ولوائـــح وقوانين وتشريعات من خلال الهيئات والمنظمات الدولية ومن خلال المؤتمرات الدولية والندوات المحلية التى تعقد من أجل هــذا الغــرض. ففــى تلــك المؤتمــرات والندوات يتم مناقشة الدراسات والأبحــاث الــتى تهــتم بدراسة البيئة وما أصابها من خلل نتيجة التلوث الــناجم عن الإنسان وحضارته، حيث تصدر التوصيات بشأنها والتى تعتبر خلاصــة مــا توصــل إليه المجتمعون – من خلال دراساتهم – عن كيفية مواجهــة ذلــك الــتلوث ومحاولــة منع وقوعه وحدوثه أصلاً أو كيفية مواجهة آثاره ومحاولة التقليل والحد من خطورتها.

وســـوف نلقـــى الضوء على دور هيئة الأمم المتحدة في مواجهة الـــتلوث، كذلـــك بعـــض المؤتمرات الدوليـــة الهامة التى انعقدت لمناقشة مشكلة البيئة وتلوثها.

١ – دور الأمم المتحدة في مواجهة التلوث البيئى

لقـــد أصـــبحت البيئة ومشكلاتها حديث الساعة وشغل العلماء على مســـتوى العالم، لأن التلوث لا يعرف الحدود ولا تقف أمامه العوائق. فأى تلـــوث أو تدهور بيئى ناتج عن أى جزء من العالم لن يقف أثره عند ذلك الجـــزء الصادر منه بل يمتد إلى بلدان أخرى ومساحات شاسعة، ذلك لأننا نعيش على أرض واحدة بمياهها وأحيائها وغلافها الجوى. أرض واحدة، وحياة واحدة، ومصير واحد.

وفـــى الحقـــيقة، فإنـــنا نســـجل هـــنا ونذكر للأمم المتحدة وعيها وإدراكها المبكر لأخطار التلوث وآثاره السيئة على البشرية جمعاء، حيث بدأت الأمم المتحدة نشاطها المكثف في مجال حماية البيئة في وقت مبكر، فـــي وقـــت لـــم تكـــن قضايا البيئة قد طفت على السطح. كما كان للأمم المتحدة فضل السبق في لفت أنظار العالم إلى الأخطار المحدقة بالبيئة من جـــراء الـــتلوث والإســـتنزاف غـــير الرشيد للموارد الطبيعية على الكرة الأرضية.

ويرجع إهتمام المنظمة بالبيئة إلى عام ١٩٦٧م، حيث عقد مؤتمر الأمم المتحدة للبيئة لدراسة مشكلة التلوث التى بدأت في الظهور منذ ذلك الوقـــت لـــتهدد الكـــرة الأرضية والأحياء التى تعيش على ظهرها، ثم كان مؤتمـــر ســـتوكهولم الأول والـــذى إنعقـــد في عام ١٩٧٢م، وجاء ضمن توصـــياته تقريـــر حق الإنسان في بيئة نظيفة، كما أشار التقرير الصادر

عن هذا المؤتمر إلى مسئولية الفرد والدول في حماية البيئة وعدم إلحاق الضرر بها سواء ذلك من الجيل المعاصر أو الأجيال القادمة. كذلك تضمن التقرير أهمية التعاون الدولى لوضع الحلول وسن القوانين لمواجهة التلوث بصفة خاصة وحماية البيئة من كل ما يهددها بصفة عامة. وصدر عن ذلك المؤتمر خطة عمل متضمنة الوسائل الواجب إتخاذها من قبل الدول والهيئات في هذا المجال، كما صدر عن هذا المؤتمر التوصية بإنشاء برنامج الأمم المتحدة للبيئة لرصد الدراسات البيئية وتوفير الإستشارة وتنسيق الجهود لحماية البيئة على مستوى العالم. وتتبع ذلك البرنامج شبكة رصد بيئى توفر المعلومات والإستشارة العلمية، إضافة إلى السجل الدولى للكيماويات السامة؛ هذا السجل يوفر المعلومات عن المواد الكيماوية التى تشكل خطراً على صحة الإنسان والأحياء الأخرى.

وفى عام ١٩٧٧م تبنت الأمم المتحدة مؤتمراً لموجهة التصحر وتم تكليف برنامج البيئة التابع للأمم المتحدة بتنفيذ برامج على نطاق دولى لمواجهة التلوث البحرى وتلوث الهواء والدراسات المناخية ودراسات متعلقة بالفضاء الخارجى والغلاف الجوى.

بعد ذلك بدأ الوعى البيئى في مرحلة جديدة وإتجه وجهة أخرى أكثر تركيزاً وتحديداً، فقد طرحت قضايا تلوث المياه والمخلفات الصناعية وغيرها من الملوثات، مثل: حوادث التسرب النفطى، وطرق تصريف مياه الصرف الصحى. كما إهتمت المنظمات الدولية بالتلوث الناتج عن المبيدات الحشرية والأسمدة الكيماوية والمواد الحافظة للأغذية المعلبة. ولقد ظهرت بعد فترة من ذلك دراسات وبحوث تحذر من التلوث بالإشعاعات النووية وإستنزاف البيئة ومواردها بشكل غير مرشد، والذى نتج عن إنحصار المساحات الخضراء وزحف الصحراء على سطح الكرة

الأرضـــية. ونذكــر هــنا ما تعرضت له الغابات الإستوائية لنهر الأمازون نتيجة تعرضها للجفاف والتلوث.

ثـم توالت الدراسات العلمية بعد ذلك لتلفت الأنظار إلى المشكلات البيــئة الــناتجة عن التغير المناخى للكرة الأرضية وإرتفاع درجة حرارة الأرض نتــيجة لــتقلص ســمك طبقة الأوزون. وتوقع العلماء في تقارير علمــية أنه سينتج عن ظاهرة التغير المناخى فيضانات على نطاق واسع مــن المحــتمل أن تغرق مساحات شاسعة من الأرض وتتسبب في كوارث بالغة الخطورة.

وفــى الآونـــة الأخيرة زاد إهتمام المنظمة الدولية والعالم أجمــع بقضـــايا البيـــئة، وممــا دعم ذلك الإهتمام أنه حدث خلال السنوات القليلة الماضية حوادث بيئية معينة أكثر خطورة كان لها تأثير سلبى على البيئة. ومــن أهــم هذه الحوادث إنفجار مفاعل "تشرنوبيل" في الإتحاد السوفيتى عــام ١٩٨٦م، وحــوادث تســرب الزيت الناتج عن غرق ناقلة البترول (فالديــز) في نفس العام، ثم أعقب ذلك تلوث مياه الخليج بالبترول والذى اعتــبره علمـــاء البيئة أكبر تلوث بالزيت للمياه عبر التاريخ. وقد شاركت فـــي دراســـاته ونـــتائجه العديد من المراكز العلمية والهيئات والمنظمات الدولية.

وفـــى عـــام ١٩٨٧ نشــرت اللجنة العالمية للبيئة والتنمية بالأمم المــتحدة تقريـــراً بعنوان "مستقبلنا المشترك" الذى أكد على مفهوم جديد للتنمـــية أطلـــق عليه "التنمية المستدامة"، وهو يشير إلى تنمية تأخذ في حسبانها الإعتبارات البيئية وعدم إستنزاف الموارد بشكل غير مرشد.

وفى عام ١٩٩٢ إنعقد أكبر المؤتمرات في تاريخ المنظمة الدولية إهتماماً بقضايا البيئة والذى عقد في "ريودى جانيرو" بالبرازيل وحضره أكثر من مائة (١٠٠) رئيس دولة. وأطلق على ذلك المؤتمر إسم "قمة الأرض". وكانت من بين الوثائق التى أقرها المؤتمر إعلان "ريو" حول البيئة والتنمية ومجموعة توصيات ومبادئ حول الإدارة المستدامة للغابات على مستوى العالم. وفى عام ١٩٩٧ إنعقد المؤتمر في مدينة نيويورك بالولايات المتحدة الأمريكية، وقد نجح ذلك المؤتمر في وضع (أجندة) جدول أعمال للقرن الحادى والعشرين يتناول خطة على المستوى العالمى لتحديد جميع المؤتمرات التى يمكن أن تتفاعل مع البيئة وتؤثر فيها. ولا تزال المنظمة سائرة في تركيز إهتمامها بقضايا البيئة وبأنشطتها المختلفة بشكل مباشر وعن طريق المنظمات والهيئات الإقليمية والدولية، وبالتنسيق مع برنامج الأمم المتحدة للبيئة وبرامج أخرى داخل المنظمة أو متعاونة معها.

٢- قمة الأمان النووى (أبريل ١٩٩٦)

بعد عقد كامل (عشر سنوات) من الكارثة النووية التى هزت العالم، وحصدت عشرات الآلاف من الضحايا، عادت أشباح تشرنوبيل لتحوم من جديد في أركان المعمورة، تنذر بكوارث جديدة قد تفاجئنا بين يوم وآخر من أحد المفاعلات المتهالكة بالكتلة السوفيتية السابقة.

وربما كانت تلك الذكرى الأليمة ليوم ٢٦ أبريل ١٩٨٦ هى التى دفعت قادة الدول الإقتصادية الكبرى السبع في أبريل ١٩٩٦ إلى عقد قمة غير مسبوقة في موسكو مع القيادة الروسية والأوكرانية، لا لبحث أمان

المفاعلات النووية فقط وإنما لبحث كل المخاطر النووية الأخرى. فهذه الدول على وجه التحديد هى التى تملك أضخم مخزون من الأسلحة والمواد النووية في العالم، وهى المسئولة عن أمنها وأمانها. ولقد أطلق على تلك القمة "قمة الأمان النووى". والسؤال الذى يطرح نفسه الآن؛ هل سيصبح العالم أكثر أماناً بعد قمة الأمان النووى ؟!.

وبنظرة سريعة على أهم ما توصلت إليه قمة الدول التسع من نتائج، يتبين ما يأتى :

أولاً : إتفق زعماء الدول الكبرى على السعى من أجل فرض حظر شامل على جميع التفجيرات والتجارب النووية بكل أشكالها وأحجامها، وذلك بحلول سبتمبر ١٩٩٦م. وقد فازت الدول السبع في هذا المضمار بتنازل "مهم" من موسكو، التى أعلنت لأول مرة مساندتها لتلك "المساعى".

ثانياً: إتفق الزعماء على ضرورة إتخاذ خطوات جديدة للحفاظ على المواد النووية بعيداً عن أيدى الأنظمة الراديكالية والإرهابيين الدوليين، والحيلولة دون تهريبها والإتجار غير المشروع فيها.

ثالثاً: دعا الزعماء إلى إبرام معاهدة لحظر إنتاج المواد النووية التى يمكن تحويلها إلى أسلحة.

رابعاً: دعا البيان إلى مواصلة إستخدام الطاقة النووية في القرن الحادى والعشرين ولم يطالب بإغلاق المفاعلات السوفيتية القديمة.

خامساً: وافقت أوكرانيا – تحت ضغوط من الغرب – على إغلاق مفاعل تشرنوبيل بحلول عام ٢٠٠٠م مقابل تعهد الدول السبع بدفع ثلاث مليارات دولار أمريكى لها.

وبنظرة سريعة إلى قمة الأمان النووى ونتائجها، نجد أن هذه القمة – مثلها مثل عشرات من لقاءات القمة الأخرى – قد أكدت على ضرورة بذل المساعى، والتعاون والتنسيق، ولكنها لم تخرج للبشرية بخطوات ملموسة على أرض الواقع تحقق على نحو فورى الأمن والأمان المنشود، فلم تتعهد القمة برصد أية أموال لتحقيق أهدافها الكبرى سوى المليارات الثلاثة لتشرنوبيل. ويبدو أن الدول الغنية غير مستعدة حالياً لتحمل أية أعباء جديدة وخاصة وأنها أنفقت عدة مليارات من الدولارات في المساعدة من أجل تأمين المفاعلات، وفك الرؤوس النووية بمقتضى معاهدات الحد من التسلح. ومن ناحية موسكو وحلفائها السابقين، فهم لا يملكون إمكانية إغلاق المفاعلات القديمة، ولا يستطيعون الإستغناء عن الطاقة المستخرجة منها، علماً بأن تكاليف الإغلاق وحدها قد تصل إلى عشرين مليار دولار.

ومن هنا يتضح السبب وراء تغاضى القمة عن المطالبة بإغلاق المفاعلات السوفيتية، والسماح بإستمرار العمل في مفاعل تشرنوبيل لمدة أربع سنوات أخرى، رغم إعتراف الرئيس الأوكرانى بأن هذا المفاعل وغيره من المفاعلات في المنطقة ليست سليمة من حيث البناء. ولهذا السبب إتهم أنصار البيئة الغاضبون قمة الأمان النووى بأنها وضعت حجر الأساس لمستقبل أكثر خطورة وبأن نتائجها تمثل كارثة للبيئة.

٣- المؤتمـــر الدولـــى المنعقد في بروكسل حول مخاطر التقلبات المناخية

إنه في يوم الأربعاء الموافق ١٥/١٠/١٩٩٦، قرع علماء المناخ المجـتمعون فـي بروكسـل – عاصمة الإتحاد الأوربى – أجراس الخطر والإنــذار لبداية وقوف البشرية على حافة تقلبات في المناخات وظواهرها تهـدد فـي الأمـد المتوسـط والبعيد بتغير جذرى لخريطة العالم الحالية وإنكمـاش لرقعة اليابسة فوق المعمورة بفعل إرتفاع درجة الحرارة فوق كوكـب الأرض الـذى سيؤدى إلى ذوبان جبال الجليد في القطب الشمالى وإرتفاع مستوى البحر الذى سيغمر مدن وأقاليم ساحلية كاملة في العالم. ووجـه علمـاء مرموقون (منهم البروفيسور "بول كروتزن" الحاصل على جائـزة نوبل في الكيمياء في عام ١٩٩٥م، التابع إلى معهد "ماكس بلانك" لعلوم المناخات وظواهرها، والبروفيشسور "بيرت بولن" الحائز على جائزة الكوكب الأزرق "بلوبلانيت" لعام ١٩٩٥ والأستاذ في جامعة ستوكهولم) – الأنظـار فـي خـتام إجتماع دولى عقد في بروكسل حول مخاطر التقلبات المناخـية بفعـل الثقوب في طبقة الأوزون، ووجهوا دعوة عاجلة وملحة إلـى القـيادات السياسية في العالم تطالبها بإتخاذ الإجراءات اللازمة فوراً لمـنع إنهيار التوازن المناخى الحالى بفعل تعاظم نسبة الغازات الصناعية المنبعـثة مـن الأرض والتى تحول في النهاية درجة الحرارة فوق الكرة الأرضـية إلـى مقايـيس تشبه التى يحصل عليها داخل البيوت الزجاجية لإستنبات المزروعات.

وأكد العلماء في بروكسل أنه إذا ما لم تتخذ قرارات فورية تنسجم مـع ميـثاق الأمـم المتحدة حول التغيرات الحاصلة في المناخ والأحوال

الجويـــة بفعل تأثير الإنسان على المناخ العام فوق الأرض، فإن الإنسانية معرضة إلى سيناريوهات خطيرة تذهب إلى حد يهدد إمكانية بقاء الإنسان فوق كوكب الأرض.

وأكـد البروفيسور "بيرت بولن" أن السيناريو المتوسط الذى دخل بدرجـات مـتفاوتة فـي طور التحقيق سيرفع درجة الحرارة العامة فوق الكرة الأرضية ما بين عام ١٩٩٠ وعام ٢١٠٠ بمقدار درجتين مئويتين، ممـا سـيعنى إرتفاع معدلات الكوارث الطبيعية وفى طليعتها الحرائق في الغابات.

أمـا السيناريو الأقصى كما قدرته لجنة "الخبراء الحكوميين لتطور المـناخ" فإنــه سـيرفع درجة الحرارة بمعدل ٣,٥ درجة مئوية. كما أنه سـيؤدى إلـى رفـع مستوى البحر بمعدل متر واحد، مما سيقلص نسبة اليابسـة الـتى تشكل حالياً أكثر من ٣٠% من سطح كوكب الأرض، وقد قـدرت لجـنة الخـبراء الحكوميـن الدوليين لتطور المناخ في بروكسل الوصـول إلـى ذلك المستوى بأنه بمثابة كارثة طبيعية لا يمكن السيطرة عليها إذا ما تحققت، حيث أكدت أن مدناً ساحلية - في القارات الخمس - سـتختفى تحـت سـطح البحر بفعل ذوبان الثلوج والكثبان الجليدية، كما سـتهدد دولاً زراعـية تعـيش علـى المحاصيل الزراعية وحول الأودية والأنهار بفعل الطوفان لتلك المجارى المائية، علاوة على إنتشار الحرائق فـي الغابـات والمزارع بسبب شدة إرتفاع درجات الحرارة إلى مستويات عالية. وذهب البروفيسور "بولن" إلى حد التأكيد على أنه حتى مع إحتمال التوصـل فوراً إلى وقف إنبعاث الغازات السامة في الجو وإستقرار الوضع كما هـو عليه الآن (الذى يعتبر متقدم الخطورة)، فإن مسلسل إرتفاع

درجـــة الحرارة قـد إنطلق، وكذلك مستوى البحار قد بدأ في الإرتفاع، وما تبقى علينا إلا عدم العمل على تفاقـم هـذا الوضع.

وقد أكد البروفيسور "بول كروتزن" بأننا قادرون إذا ما أردنا وقف مسـيرة الـنزول إلى الجحيم بواسطة التقشف في إستعمال موارد الطاقة التقلـيدية، وكذلـك باسـتعمال المـزيـد من مصـادر الطاقة المتجددة، والإسراع ما أمكن في هذا الشأن.

هـذا، وقـد حمـل إجتماع علماء المناخ في بروكسل الإنسان وحضـارته وإستعمالاته اليومية مسئولية تغيرات المناخ وإرتفاع درجات الحـرارة فـوق الأرض، وإسـتندوا إلى تقرير علمى سرى أعد في شهر ديسـمبر ١٩٩٥ فـي رومـا. وقـد تضمن التقرير تصنيفاً واضحاً بين المسـئولية الطبيعية أو الطبيعة وبين مسئولية الإنسان في تدنى الأوضاع المناخية، حيث تبين أن الإنسان هو المسئول الأكبر عن ذلك.

وتجـدر الإشـارة إلى أن المجموعة الدولية قد إكتفت في إجتماع سـابق عقد لنفس الغرض في برلين (ألمانيا) في أبريل ١٩٩٥م بالتوقيع علـى بـروتوكول لـبداية التفاوض حول كيفية تخفيض مستوى إنبعاث الغـازات الضـارة ووقـف إرتفاع درجات الحرارة في مرحلة ما بعد عام ٢٠٠٠م. وقد إستند ذلك البروتوكول على توصيات قيمة "ريودى جانيرو" والـتى إنعقـدت فـي عام ١٩٩٢م، التى حملت الدول الصناعية الكبرى مسـئولية تدهـور طبقة الأوزون في الجو، وطالبتها بالضغط على إنبعاث الغازات حتى عام ٢٠٠٠م، بهدف ثباتـها عند ذلك المستوى المسجل في عام ١٩٩٠م.

٤- ندوة "الحفاظ على الموارد الطبيعية لتحقيق التنمية المتوصلة"

أعلن رئيس جهاز شئون البيئة بجمهورية مصر العربية في ندوة "الحفاظ على الموارد الطبيعية لتحقيق التنمية المتواصلة" والتى عقدت بالقاهرة في أبريل ١٩٩٦، أنه تم إتخاذ عدة إجراءات هامة. بالتعاون مع وزارة البترول والمحليات، لمنع تلوث الهواء من عوادم السيارات ومسابك الرصاص.

وقال: إن الإجراءات تضمنت تخصيص أرض بمدينة بدر – التى تقع جنوب غرب القاهرة – وتزويدها بالبنية الأساسية لنقل مسابك الرصاص من الأحياء الشعبية الكثيفة بالسكان إليها لتحقيق أقصى نظافة لهواء المدينة.

وقال: إنه تقرر زيادة عدد محطات تموين سيارات الركوب وأتوبيسات النقل العام بالغاز الطبيعى بدلاً من السولار والجاز.

وقال: إنه أمكن خفض الرصاص من وسائل المواصلات من ١٢٠٠ طن في عام ١٩٩٠ إلى ٤٠٠ طن في عام ١٩٩٦م.

وأضاف أن الإجراءات شملت إستيراد ثمانية أجهزة لقياس نسبة التلوث في عوادم الشكمانات في السيارات وأنه سيتم توزيعها على مراكز إستخراج رخص السيارات، بهدف الحد من زيادة نسبة التلوث من مركبات الكبريت وأكاسيد الأوزون وأول أكسيد الكربون والرصاص والتى تضر صحة المواطنين.

بعض التوصيات الهامة

١- يجب أن تجرى قياسات منتظمة لعدد من المواد طويلة البقاء نسبياً في الجو العام، تشمل أول أكسيد الكربون، الميثان، ثانى أكسيد الكربون، أكاسيد الكبريت، وأكاسيد النيتروجين.

٢- يجب أن يدرس بطريقة نظامية معدل زوال المواد الهامة الملوثة الهواء على أساس إستيفاء عناصرها الواحد تلو الآخر.

٣- يجب أن تطور الحكومة والصناعة طرقاً وأجهزة للتفتيش الدورى على نظم التحكم المستعملة، وأن تبذل في سبيل ذلك أقصى جهد ممكن.

٤- يجب تقويم تأثيرات مركبات الرصاص الموجودة في البنزين في وسائل التحكم الممكنة في المستقبل، في حدود مستويات الإنبعاثات الممكن الوصول إليها، بإستخدام الرصاص أو بدونه أو بإستعمال كميات مخفضة منه.

٥- يجب تشجيع وكالات المراقبة على وضع إجراءات التفتيش على المركبات المزودة بمحركات ديزل في أثناء سيرها على الطرق للتأكد من مطابقتها لمواصفات إنبعاثات الدخان.

٦- من الضرورى إنشاء معايير إتحادية لجودة الهواء ومراجعتها بصفة مستمرة على ضوء الحقائق والبراهين الجديدة.

٧- يجب الإسراع في إبتكار أجهزة بسيطة رخيصة لمراقبة الهواء، وإيجاد الوسائل لدفع الأبحاث الصناعية في هذا المجال.

٨- ضـرورة جمـع المعلومـات ونشـرها عن تكنولوجيا معالجة مياه المجـارى والصـناعة لتسترشد بها الشركات والبلديات، على أن يتم ذلك على المستوى القومى.

٩- ينـبغى مواصـلة برامج الرقابة على المبيدات التى تجرى على البيئة بمخـتلف مـراحلها وأشكالها، كما ينبغى التوسع في البرامج المحلية المتعلقة بتلوث الهواء.

١٠- ينـبغى إجـراء المزيد من البحوث حول التأثير السام للمبيدات عند دخولهـا في الجهاز التنفسى، مقارنة بما يحدث عند التعرض لها عن طريق الجلد أو تناولها عن طريق الفم.

١١- ينـبغى تنظيم برنامج تعليمى موسع على المستويات الحكومية كافة لتدريـب جمـيع مسـتخدمى المبيدات على الأساليب المثلى لمواجهة الآفات.

١٢- يجـب عـدم إسـتعمال المبـيدات الثابتة إلا بأقل كمية ممكنة وفى ظروف تجعلها أقل تلويثاً للبيئة. وينبغى بقدر الإمكان إحلال المبيدات السريعة التحلل محل المبيدات العالية الثبات.

١٣- ينبغى مواصلة البحوث البيولوجية والزراعية لمواجهة الآفات.

الثانية : الطرق العلاجيـــة

وهـى تشـمل الطرق التى تستخدم لمواجهة التلوث عقب حدوثه. وهـى تستهدف الإقلال من تأثيـر ذلك التلوث ومخاطره على البيئة. ويتم

من خلال هذه الطرق متابعة مصادر التلوث بجميع صوره، ومحاولة التقليل من الملوثات الصادرة والناتجة حال إنبعاثها.

وتنقسم الطرق العلاجية إلى أربعة أقسام :(أ) طرق كيميائية (ب) طرق عامة (جـ) الرصد (د) المعلومات والبيانات.

(أ) طرق كيميائية

١- معالجة الإنبعاثات من تبخر الوقود، وذلك عن طريق تغيير مواصفات البنزين بأحد طريقين، أولهما : تقليل درجة تطاير الوقود مما يقلل الهيدروكربونات الكلية المنطلقة. وثانيهما: هو أن تستبدل الهيدروكربونات الأوليفينية ذات الأربع أو الخمس ذرات من الكربون بهيدروكربونات أخرى أقل نشاطاً من المجموعة البرافينية.

٢- لتحقيق المواصفات المطلوبة لغازات العادم، مثل : الهيدروكربونات وأول أكسيد الكربون، تم حقن الهواء في مشعب العادم قريباً من صمامات العادم، حيث تكون حرارة العادم عند أعلى درجة، مما يستحث عمليات الأكسدة للمواد غير المؤكسدة أو المؤكسدة جزئياً، حيث تضبط عمليات المغذى (الكاربوراتير) وتوقيت الشرر لتقليل المواد الملوثة المنبعثة.

٣- تم إنتاج مركبات من الباريوم تضاف إلى وقود الديزل بهدف تقليل الدخان المنبعث عند إحتراق ذلك الوقود بنسب قد تصل إلى ٥٠% تقريباً. ومهمة هذه الإضافات - من مركبات الباريوم - هى تقليل إنبعاث الدخان بمنعها إزالة الهيدروجين من الهيدروكربونات، فتتحول إلى جسيمات كربون في عمليات الإشتعال. ويخرج الباريوم

فـــي العادم على هيئة كبريتات الباريوم، وهى مادة لا تتقبل الذوبان. وهى غير مضرة بالإنسان.

٤- تمكنـــت مصـــانع الـــورق مـــن أن تمنع تدريجياً ٩٠% من إنبعاث الجســيمات بإســتخدام وسائل حديثة كالسيكلونات والأبراج المبللة، والمرسبات الإلكتروستاتيكية.

٥- تجرى مجموعة من البحوث والدراسات وذلك لإزالة أكاسيد الكربون مـــن غـــازات العادم. فهناك بعض الأبحاث التى تدرس تفاعل أكاسيد الكبريـــت مـــع الحجـــر الجيرى أو الدولوميت، أو تحويلها – عن طريق عامل حفاز – وإنتاج حمض الكبريتيك.

ب – طرق عامـــة

١- الإهـتمام بالتشـجير وزيــادة الــرقعة الخضراء وخاصة في المدن المـــزدحمة. حيــث تلعــب الأحزمة الخضراء والمناطق المشجرة في المدن وحول المناطق الصناعية دوراً هاماً في تنقية الهواء.

٢- ضــرورة التغلــب على المشاكل المرورية وما ينتج عنها من تكدس للســيارات والشـــاحنات، تبـث إلى الهواء الجوى الملوثات والمواد الســامة بنســب عالية، في حين أن هذه الملوثات يقل تركيزها عند إنسياب الحركة المرورية.

٣- ضــرورة الصيانـــة الدائمـــة لآلات الإحتراق، للتقليـــل من الغازات الملوثـــة الســامة المـــنطلقة، كما يحـــــدث كثيراً في حالة وسائل النقل ذات المحركات القديمة أو التالفة.

٤- وضع تشريعات ولوائح ومقاييس خاصة بالتراكيز القصوى للملوثات المسموح بوجودها في الهواء، بخاصة في هواء المدن والمناطق الصناعية.

جـ - الرصد

وينقسم الرصد إلى ثلاثة أنواع هى :

(١) رصد بيئى، (٢) رصد صحى، (٣) رصد إحصائى.

١- الرصد البيئى

ويتم هذا من خلال محطات رصد تغطى مختلف القطاعات. حيث يتم أخذ عينات منها ثم تحليلها، وجمع البيانات وتنظيمها، وإتباع طرق التحليل الإحصائى عند معالجة تلك البيانات.

ويشمل الرصد البيئى: رصد الهواء، رصد المياه، ورصد التربة الزراعية، حيث يتم تحديد نسب العناصر والغازات المختلفة الموجودة في الهواء أو المياه أو التربة. ومعرفة ما إذا كانت تلك النسب قد جاوزت الحدود المسموح بها. ومن ثم رصد التلوث الحادث في منطقة معينة، ومدى درجته وخطورته حتى يمكن بحث كيفية مواجهته. ولذلك. لابد من توحيد طرق وأجهزة الرصد البيئى، وكذلك توحيد نظم جمع البيانات والتحليل الإحصائى، حتى يمكن الإستفادة منها على مدى واسع.

ويدخل ضمن الرصد البيئى تقييم بيئة العامل والعامل نفسه أثناء فترة عمله، وذلك عن طريق "جهاز القياس الشخصى" والذى يتم تثبيته مع العامل أثناء وردية عمله، حيث يلازمه في كل تحركاته. ويمكن عن

طـريق نتائج هذا الجهاز، الوقوف على أنسب الظروف النفسية والزمنية والفـترات الـتى يمكـن أن يؤدى فيها العامل ما هو مطلوب منه إنجازه بطريقة جيدة وأكثر إنتاجية، وفى نفس الوقت تكون صحية للعامل نفسه.. بدنياً ونفسياً.

٢- الرصد الصحى

وهـو يتزامـن مـع الرصد البيئى. ويتم الرصد الصحى من خلال إجراء فحوص طبية على مجموعة من العاملين، للتحقق من أن إجراءات الفحـص الطبى كانت على مستوى جيد عند التعيين، وللوقـوف على الأمراض والتغييرات التى طرأت على العامل أثناء فترة عمله.

ويـتم إجـراء فحـص طبى دورى لمتابعة أحوال العمال الصحية والكشف عن بعض العناصر ونسبهـا داخل أجسامهم. وكذلك الكشف عن الأمـراض المهنـية، وإكتشـاف أى تغييـرات في الجسم تتم قبل حدوث المـرض، حيث يمكن السيطرة عليها قبل أن تصبـح مرضـاً يصاب به العـامل. ويمكن أيضاً عن طريق تلك الفحوصات إكتشاف تلك الفئـة من العامليـن منخفضـى الكفاءة عند أداء أعمال معينة، وبالتالى يمكن إعادة تقييمهم وتعديل نشاطهم حسب إمكانياتهم .. وقدراتهم.

٣- الرصد الإحصائى

ويشـمل الإحصـائيات الخاصة بالأمراض المهنية المزمنة، وكذلك الإحصـاءات الخاصة بالحوادث الجسيمة الناتجة عن التسرب والإنفجارات والتى تتم في أى مكان من العالم.

وتـــتم إجـــراءات الرصد للمنشأة شهرياً، حيث يتم تحديد المشاكل والآثـــار السلبية التى حدثت، ثم محاولة وضع الحلول المناسبة لمواجهة تلك الآثار عن طريق التحكم والتهوية مثلاً، أو حسب نوع الآثار الحادثة.

د) المعلومـــــات

وفـــى الحقـــيقة، فـــإن المعلومات من العناصر الهامة والضرورية لمواجهـــة أى مشـــكلة. فكيف يمكن الحديث عن مشكلة والبحث في طرق لعلاجهـــا دون أن تكون هناك معلومات كافية وواضحة عن تلك المشكلة. ولذلـــك، وحتى يمكن علاج مشكلة مثل التلوث فلابد من توافر المعلومات والبـــيانات عن التلوث بجميع صوره وأنواعه في منطقة معينة. وبالتالى يمكـــن تجميع بيانات ومعلومات عن التلوث في جميع مناطق العالم. ويتم تداول تلك المعلومات والبيانات محلياً وعالمياً.

ويمكـــن عـــند فحص هذه المعلومات والبيانات وإجراء الدراسات اللازمة عليها، تحديد الوسائل الممكن إستخدامها لعلاج التلوث في منطقة معيـــنة. ووضــــــع الحلول العملية والمناسبة لوقف هذا التلوث أو الحد من خطورته وآثاره السلبية على البيئـــــــــة.

الثالثة : الطرق البديلـــة

وتشمل جميع مصادر الطاقة المتجددة والتى يمكن إستخدامها بدلاً عـــن المصادر التقليدية المعروفة والمستخدمة والتى تتميز بتلويثها للبيئة عـــند إســـتخدامها. وتتمـــيز المصادر المتجددة بإنعدام الآثار التلويثية لها

علـــى البيئة، مما يجعلها آمنة الإستخدام وغير ضارة بالإنسان أو الحيوان أو النبات أو بأى من مكونات البيئة.

وأهـــم المصادر المتجددة :

(١) الطاقة الشمسيـــة (٢) الطاقة المائيـــة (٣) الطاقة النووية.

وسوف نلقى الضوء على هــــــذه المصادر:

(١) الطاقة الشمسيـــــة

تعـد الشمس هى المصدر الرئيسى والأساسى للطاقة بكل أنواعها وصـــورها، بإســتثناء الطاقة النووية. ويمكن القول بأن كل صور الطاقة المســتخدمة حالـياً هـــى في أصلها آتية من الشمس. فالمصادر التقليدية للطاقــة، مثـــل : الفحم والبترول والغاز إنما إستمدت طاقتها المخزونة من الشمس. فالطاقة التى تنتج عند إحتراق الوقود (وقود السيارات مثلاً) هـــى في الأصل طاقة شمسية مختزنة من بقايا تلك الكائنات الحية (نباتية وحيوانـــية) التى تحللت في باطن الأرض على مر العصور وبقيت مختبئة فـــيها حـــتى أخـــرجها المنقبون عن البترول. كذلك تعد طاقة المد والجذر أيضـــاً نوعـــاً من أنواع الطاقة الشمسية، لأن منشأ المد والجذر هو جذب الشمس والقمر لمياه الأرض.

ومـــن الممكن تمثيل الشمس على أنها فرن هائـــــل تنطلق منه كميات كبيرة من الطاقة في كل الإتجاهات. وتقدر كمية الطاقة التى تنطلق مـــن الشمس بحوالى ٤×١٠^{٢٦} جول/ ثانية، أى ما يعادل ٩×١٠^{٢٥} ســـعر حـــرارى في الثانية الواحدة (حيث أن السعر الحرارى = ٤,١٨٤ جول).

والطاقة الشمسية طاقة متجددة وهى نظيفة وغير ملوثة، مما يجعلها مصدراً مثالياً للطاقة التى نحتاجها ونتطلع إليها.

ولقد أدرك الإنسان أهمية الطاقة الشمسية، فوجهت العديد من المراكز البحثية إهتمامها وأبحاثها لدراسة إمكانية إستخدام الطاقة الشمسية في كافة الأغراض الحياتية، مثل : تسخين المياه وطهى الطعام وتسيير السيارات والشاحنات والطائرات والسفن وغيرها. وفى الحقيقة، فإن أبحاث الطاقة الشمسية ليست جديدة على المنطقة العربية، وتأكيداً لذلك فإن أحد أوائل المحركات في العالم والعاملة بالطاقة الشمسية كانت في ضاحية المعادى بمدينة القاهرة بجمهورية مصر العربية في عام ١٩١٣م، حيث كانت ترفع مياه النيل لرى الأراضى المجاورة بقدرة بلغت ٥٠ حصاناً.

٢- الطاقة المائيـــة

تعد الطاقة المائية ومساقط المياه (الشلالات) من أنظف مصادر الطاقة على الإطلاق من حيث تأثيراتها البيئية. فهذا النوع من مصادر الطاقة لا يتولد عنه أية مخلفات صلبة أو سائلة، ولا تنطلق عنه أية غازات حابسة للحرارة أو مسببة للحموضة. إلا أن هذا المصدر يتميز بإهدار مساحات شاسعة من الأرض، ويغير نمط الحياة والنظم البيئية عليها، وقد يؤدى إلى إنقراض أصناف من النبات والحيوان والأسماك. بالإضافة إلى ذلك تتميز المصادر المائية بأعلى معدل للتأثيرات الصحية لعموم الجمهور بسبب الحوادث العنيفة الناجمة عن إنهيار السدود.

٣- الطاقة النوويـــــة

تعد الطاقة النووية من حيث التأثيرات البيئية العاجلة قليلة التأثير، حيــث لا يــنطلق عــنها غــازات ثانى أكسيد الكربون أو أكاسيد الكبريت والنيتروجيــن. إلا أنـــه يتولد عنها كميات محدودة من هذه الغازات نتيجة عملــيات إستخراج وتصنيع الوقود النووى. إلا أنه يبقى تأثير هام للطاقة الــنووية مازال خاضعاً للتقويم، وهو المخاطر الآجلة الناتجة عن الحوادث العنــيفة التسرب الإشعاعى كحادث مفاعل تشرنوبيل. كذلك فإنه ينبغى أن تــدرج الــنفايات المشعة المتخلفة عن الطاقة النووية في الحسبان، لأنها تبقى بعد إستغلال الوقود النووى في توليد الطاقة لأكثر من ألف عام. كما أن الــتخلص مــنها – زيادة على تكلفته الباهظة – قد يتسبب في أضرار بيئيـــة وصحيـــة.

المراجع

أولا : المراجع العربية :

١ - احمد شريف عودة - الطاقة الذرية واستخداماتها - مركز النشر العلمي - جامعة الملك عبد العزيز - المملكة العربية السعودية .

٢ - احمد مدحت إسلام : التلوث مشكلة العصر ، عالم المعرفة (١٥٢) (١٩٩٠) .

٣ - أنور محمد عبد الواحد (دكتور) : مكافحة تلوث البيئة (مترجم) - مكتبة النهضة المصرية - ١٩٧٢م.

٤ - الاهرام الاقتصادي : أعداد يناير وفبراير ٢٠٠٥م.

٥ - حسن احمد شحاته (دكتور) تلوث الهواء - القاتل الصامت - مكتبة الدار العربية للكتاب - ٢٠٠٣م.

٦ - صحيفة الأهرام : اعداد مختلفة حتي ٢ فبراير ٢٠٠٥م.

٧ - عايدة بشارة (دكتور) : دراسات في بعض مشاكل تلوث البيئة - الهيئة المصرية العامة للكتاب - ١٩٧٣م.

٨ - عبد الحكيم بدران : اضواء علي البيئة - مكتب التربية العربي لدول الخليج - الرياض (١٩٩٢م) .

٩ - عدنان الساعاتي : المحافظة علي التربة عامل اساسي في مكافحة التصحر - مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية (٦) (١٩٨٨م).

١٠ - فهمي حسن امين - تلوث الهواء : مصادره وأخطاره - دار العلوم للطباعة والنشر - الرياض - ١٩٨٤م.

١١ - محمد ابراهيم الحسن ، ابراهيم صالح المعتاز : ملوثات البيئة - مكتبة الخريجي ، الرياض (١٩٨٨م) .

١٢ - محمد حسان عوض (دكتور) : اسهامات الجامعة في حل قضايا البيئة وتنميتها " مؤتمر العلوم والتنمية - كلية العلوم جامعة الازهر (١٩٩٥م).

١٣ - ————————— : التدهور البيئي في حوض البحر المتوسط - مؤتمر رابطة الجامعة الإسلامية - جامعة الدول العربية (٢٠٠٤م) .

١٤ – محمد عبد القادر الفقي – البيئة : مشاكلها وقضاياها وحمايتها من التلوث – مكتبة بن سينا للنشر والتوزيع والتصوير – ١٩٨٣م.

١٥ – مستقبلنا المشترك : اللجنة العالمية للبيئة والتنمية ، ترجمة / محمد كامل عارف ، عالم المعرفة (١٤٢) ، (١٩٨٩م) .

١٦ – مني قاسم (دكتور) : التلوث البيئ والتنمية الاقتصادية – الدار المصرية اللبنانية – القاهرة – ١٩٩٣م.

ثانيا : المراجع الاجنبية :

1. Gaves, N. J., Ed.; "Lnd, Water and Mincral Resowce Pergoman press (1987).
2. Maxwell, K. E.; environment of Live. Dickenson Bublshing Co. (1976).
3. Turk, A. et. al.; "Environmental Science". W. B. Sunders, London 1979.

الفهرس

رقم الإيـــداع

٢٠٠٥/٤٣٤٨